

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХПІ»

*Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні
технології*

№ 55 (1097) 2014

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2014

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – X. : НТУ «ХПІ». – 2014. – № 55 (1097). – 112 с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ № 5256 від 2 липня 2001 року

Збірник виходить українською та російською мовами.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого Постановою Президії ВАК України від 26 травня 2010 р., № 1 – 05/4 (Бюлетень ВАК України, № 6, 2010 р., с. 3, № 20).

Координаційна рада:

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. (**голова**);

К. О. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);

А. П. МАРЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Є. І. СОКОЛ, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України;

Є. Є. АЛЕКСАНДРОВ, д-р техн. наук, проф.; А. В. БОЙКО, д-р техн. наук, проф.;

Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн. наук, проф.; М. Д. ГОДЛЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.;

А. І. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В. Г. ДАНЬКО, д-р техн. наук, проф.;

В. Д. ДМИТРИЄНКО, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. ДОМНІН, д-р техн. наук, проф.;

В. В. ЄПІФАНОВ, канд. техн. наук, проф.; Ю. І. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, проф.;

П. О. КАЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.; В. Б. КЛЕПІКОВ, д-р техн. наук, проф.;

С. І. КОНДРАШОВ, д-р техн. наук, проф.; В. М. КОШЕЛЬНИК, д-р техн. наук, проф.;

В. І. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Г. В. ЛІСАЧУК, д-р техн. наук, проф.;

О. К. МОРАЧКОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.; В. І. НІКОЛАЄНКО, канд. іст. наук, проф.;

П. Г. ПЕРЕРВА, д-р екон. наук, проф.; В. А. ПУЛЯЄВ, д-р техн. наук, проф.;

М. І. РИЩЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В. Б. САМОРОДОВ, д-р техн. наук, проф.;

Г. М. СУЧКОВ, д-р техн. наук, проф.; Ю. В. ТИМОФІЄВ, д-р техн. наук, проф.;

М. А. КАЧУК, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: М. Д. Годлевський, д-р техн. наук, проф.

Заст. відповідального редактора: О. С. Куценко, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: М. І. Безменов, канд. техн. наук, проф.

Члени редакційної колегії: І. П. Гамаюн, д-р техн. наук, проф.;

В. Д. Дмитриєнко, д-р техн. наук, проф.; О. В. Єфімов, д-р техн. наук, проф.;

І. В. Кононенко, д-р техн. наук, проф.; Л. М. Любчик, д-р техн. наук, проф.;

Л. Г. Раскін, д-р техн. наук, проф.; В. П. Северин, д-р техн. наук, проф.;

Н. В. Шаронова, д-р техн. наук, проф.; М. О. Ястребенцький, д-р техн. наук, проф.

*Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Системний аналіз, управління та інформаційні технології», індексується в наукометричних базах **WorldCat** і **Google Scholar** і включений у довідник періодичних видань бази даних **Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)**.*

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 10 від 28 листопада 2014 р.

Кафедра АСУ: 50 лет на службе образования Украины

В 2014 г. кафедра автоматизированных систем управления (АСУ) отмечает свой полувековой юбилей: в 1964 г. Арег Вагаршакович Дабагян совместно генеральным конструктором КБ «Электроприборостроение» Владимиром Григорьевичем Сергеевым основал кафедру, предназначенную для подготовки инженеров-исследователей в области автоматического управления движением (АУД). В 1977 г. кафедра АУД была реорганизована в кафедру АСУ. Подготовка специалистов осуществлялась по оригинальным учебным планам, разработанным лично А. В. Дабагяном: впервые в стране изучение программирования на ЭВМ начиналось с первого семестра.

В первые годы деятельности кафедры основным заказчиком НИР являлось КБ «Электроприборостроение». Коллектив кафедры АСУ сумел показать себя высококвалифицированным и надежным партнером в решении сложных научно-технических задач, связанных с созданием систем управления техническими объектами, эксплуатировавшимися на земле и в космосе.

В 70–90 гг. кафедра плодотворно сотрудничала с НИИ Центром подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина (г. Москва), КБ «Электроприборостроение» (г. Харьков), Государственным НИИ Гражданской авиации (г. Москва), НИИ ГА «Аэропроект» (г. Москва), НИИ «Агат» (г. Москва) и другими ведущими предприятиями отрасли. С конца 90-х гг. кафедра начинает работать с Государственным департаментом страхового фонда документации Украины (г. Харьков), заключаются хозяйственные договоры с предприятиями г. Харькова: КБ «Промавтоматика», ООО «АСУгазсервис», региональным газодобывающим управлением «Харьковгаздобыча».

На сегодняшний день кафедра АСУ ведет разработку двух тем госбюджетной НИР МОН Украины: «Разработка информационно-аналитических технологий стратегического управления иерархическими распределенными системами» (под руководством зав. каф, проф. д.т.н. М. Д. Годлевского) и «Разработка интеллектуальных моделей и технологий для повышения эффективности проектирования и сопровождения сложных программных систем» (под руководством проф., д.т.н. Н. В. Ткачука).



Одним из важнейших аспектов деятельности кафедры АСУ, направленных на повышение качества образования и расширение спектра научных исследований, является сотрудничество с зарубежными партнерами – с университетом г. Клагенфурта (Австрия), с Техническим университетом Гамбург-Гарбург (Германия) и Техническим институтом Каринтии, расположенном в г. Филлах (Австрия).

В 2001 г. под руководством ректора НТУ «ХПИ» проф. Л. Л. Товажнянского и при участии представителей кафедры АСУ профессоров М. Д. Годлевского и Н. В. Ткачука, а также Председателя Общества Информатики Германии (GI) профессора Г. Майера была организована научно-техническая конференция «Технология информационных систем и ее применение» (ISTA), которая охватывала широкий спектр самых современных информационных технологий. В ней приняли участие более 100 ученых и специалистов из разных стран мира, в том числе из Германии, Австрии, Великобритании, Дании, Италии, России, Словении, Финляндии. В последующие годы конференция ISTA проходила в Солт-Лейк Сити (штат Юта, США), Веллингтоне (Новая Зеландия), Клагенфурте (Австрия), Сиднее (Австралия), Ялте (Украина). Следующую конференцию планируется провести в 2015 году.

С 2001 г. на кафедре АСУ функционирует Центр современных информационных технологий (IT-Центр), основной задачей работы которого является создание условий для успешного выполнения пилотных проектов в сфере современных информационных технологий. В 2006 г. при участии кафедры АСУ был открыт учебно-научно-производственный комплекс «Силиконовая долина», который призван дать возможность студентам и преподавателям вуза без отрыва от учебы или работы принять участие в воплощении реальных разработок и бизнес-проектов.

Сегодня кафедра АСУ осуществляет подготовку по двум направлениям – «компьютерные науки» и «программная инженерия». Основной целью кафедры «Автоматизированные системы управления» НТУ «ХПИ» всегда являлась фундаментальная подготовка специалистов в области автоматизированного управления и информационных технологий. Такой подход был заложен в 60–70-х годах прошлого столетия и полностью оправдал себя в последующие годы. Многие выпускники кафедры АСУ стали известными учеными, преподавателями вузов, руководителями крупных предприятий и организаций, добились значительных успехов в бизнесе.

Залогом успеха кафедры в науке и образовании являются: высокий уровень подготовки студентов в области математики, информатики и иностранных языков на основе тщательного отбора абитуриентов; профессионализм преподавательского состава кафедры, который полностью сформирован из её лучших выпускников; высокий уровень оснащённости вычислительной техникой.

*Зав. каф. системного анализа и управления,
д-р техн. наук, проф. А. С. Куценко*

М. Д. ГОДЛЕВСКИЙ, д-р техн. наук, проф., зав. каф. АСУ НТУ «ХПИ»;
Э. Е. РУБИН, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ»;
А. А. ГОЛОСКОКОВА, ассистент кафедры АСУ НТУ «ХПИ»

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ВАРИАНТОВ И ЛОКАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Предлагается совместное использование метода локальной оптимизации и алгоритма последовательного анализа вариантов для улучшения качества процесса разработки программного обеспечения. На основании полученного результата были сделаны выводы, что совместное использование методов обеспечивает уменьшение количества возможных вариантов развития данного процесса разработки.

Ключевые слова: качество, программное обеспечение, локальная оптимизация, последовательный анализ вариантов.

Введение. В настоящее время одной из основных задач, стоящих перед успешно развивающейся организацией–разработчиком программного обеспечения (ПО), является улучшение качества процесса разработки (ПР) ПО. Данное понятие относится к поддерживающим процессам жизненного цикла (ПЖЦ) программных систем (ПС). Этапы усовершенствования ПЖЦ регламентированы стандартом ДСТУ ISO/IEC TR 15504–7. Наиболее важным этапом является построение плана программы усовершенствования, который позволит определить стратегию продвижения организации к более высокому уровню зрелости. Формализация критериев, на основе которых реализуется данное продвижение, учёт ограниченных ресурсов и их оптимальное распределение между отдельными процессами по периодам планирования, разработка математической модели и алгоритмов определения последовательности усовершенствования отдельных ПЖЦ и их исследование – являются актуальным набором задач на пути решения поставленной проблемы.

Постановка проблемы. ПР ПО представляет собой упорядоченную совокупность ПЖЦ, направленную на создание программного продукта. Множество вариантов наборов ПЖЦ, называемых моделями жизненного цикла, определяется различными стандартами. В работе [1] приведено краткое описание данных стандартов. Из них можно выделить набор ПЖЦ, основанный на модели зрелости СММИ (Capability Maturity Model Integration). Модель зрелости представляет собой метод или технологию, направленную на улучшение ПР ПО.

Технология «модель зрелости» позволяет описать идеальное продвижение организации (или отдельного подразделения) к желаемому

уровню реализации ПР, заданное в виде нескольких последовательных этапов (которые нужно выполнить) или уровней (которых нужно достичь), дополненное средствами оценивания полноты выполнения описанных этапов или соответствия процесса организации описанным уровням [2]. В работе [2] проведено вербальное описание моделей зрелости, используемых при улучшении качества ПР ПО, а в [3] приведены основные принципы моделирования оценки и управления качеством ПР ПО, а так же на основе теории нечётких множеств введена функция степени принадлежности к k -му уровню зрелости, на базе которой разработана модель задачи, которая имеет следующий вид [4].

Найти оптимальное значение матрицы χ^* , обеспечивающее максимальное значение критерию

$$F(\chi) = \sum_{t=1}^T \Phi_t(\chi_{t-1}, \chi_t), \quad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{\tau=1}^t \bar{R}_\tau(\chi_{t-1}, \chi_t) \leq \sum_{\tau=1}^{t-1} R_\tau = \hat{R}^{t-1}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (2)$$

$$x_{ij}^{\tau-1} \leq x_{ij}^\tau, \quad j \in J_i, \quad i \in \bigcup_{s=1}^k \quad (3)$$

где

$$x_{ij}^0 = \tilde{r}_{ij}, \quad i \in \bigcup_{s=1}^k \quad (4)$$

Целевая функция (1) определяет интегральный показатель степени увеличения уровня зрелости ПР ПО на всём плановом периоде. $\Phi_t(\chi_{t-1}, \chi_t)$ – прирост уровня зрелости при переходе с $(t-1)$ -го на t -й подпериод планирования, где $\chi = \{\chi_t\}$, а $\chi_t = \{x_{ij}^t\}$ – матрица переменных, определяющих значение уровня возможности j -й частной практики i -й фокусной области на t -м подпериоде планирования. Условие (2) определяет ограничение на финансовые ресурсы, где \bar{R}_τ , R_τ – расходуемые и, соответственно планируемые финансовые ресурсы, а (3) – ограничения на переменные модели при переходе с $(\tau-1)$ -го на τ уровень планирования, \tilde{r}_{ij} – исходное значение уровня возможности j -й частной практики i -й фокусной области.

Дадим наглядную интерпретацию модели (1)–(4). Пусть \sum_t , $t = \overline{0, T}$ – гиперпространства переменных $\chi_t = \{x_{ij}\}^t$, а условия (2)–(4) определяют области G_t их изменения на каждом t -м подпериоде планирования. Тогда будем считать, что (χ_{t-1}, χ_t) – отрезок ломаной, соединяющей гиперпространства \sum_{t-1} и \sum_t , а $\Phi_t(\chi_{t-1}, \chi_t)$ – величина этого отрезка. Задача состоит в нахождении ломаной максимальной длины, соединяющей гиперпространства \sum_0 и \sum_T . Всё возможное множество вариантов ломаной обозначим Ω .

В работе [4] проведена оценка реальной размерности задачи управления качеством ПР ПО и установлено, что для её решения нельзя использовать простой перебор вариантов. Поэтому предложен алгоритм последовательного анализа вариантов, основанный на отсеке подмножеств вариантов развития ПР ПО на каждом подпериоде управления, для которых становится ясным, что они не войдут в оптимальное решение задачи. Согласно [4] основная суть алгоритма состоит в последовательном сжатии исходного множества Ω конкурентоспособных вариантов её решения. На каждом s -м шаге алгоритма производится «отметание» множества Ω_s неконкурентоспособных вариантов, о котором в процессе работы алгоритма стало известно, что это множество не содержит оптимального варианта решения задачи.

Необходимо отметить, что предложенный алгоритм позволяет найти глобальный экстремум. Однако одним из его недостатков является большая трудоемкость. Поэтому возникает задача разработки некоторых алгоритмов, которые, с одной стороны, не позволяют найти глобальный экстремум, но дают возможность значительно уменьшить его трудоемкость.

В работе [5] приведены результаты разработанной информационной технологии системы поддержки принятия решений (СППР) при управлении качеством ПР ПО в условиях ограниченных финансовых ресурсов, которая позволяет синтезировать оптимальную стратегию продвижения организации–разработчика ПО к определенному уровню зрелости. Работоспособность разработанной информационной технологии СППР проверена на исходной информации компании «NIX Solutions». Проведенные исследования показали, что данная задача является NP–сложной и даже при использовании разработанного алгоритма последовательного анализа вариантов время на ее решение значительно превышает допустимые пределы. Учитывая большую размерность задачи при полноразмерной исходной информации в работе предлагается использовать идею метода локальной оптимизации совместно с алгоритмом последовательного анализа вариантов с целью уменьшения количества возможных вариантов развития ПР ПО, что приведет к уменьшению трудоемкости решения задачи.

Совместное использование метода локальной оптимизации и алгоритма последовательного анализа вариантов. Одним из подходов к решению этой проблемы является метод «Блуждающая трубка», который был предложен сотрудниками Вычислительного центра Академии наук СССР. Он имеет характер метода последовательных приближений и не позволяет найти глобальный экстремум, но значительно менее трудоемкий по сравнению с алгоритмом последовательного анализа вариантов. Суть данного метода заключается в следующем. Пусть имеется некоторая ломаная Λ_0 , заданная элементами $\chi_0 \in G_t, t = \overline{0, T}$, которые удовлетворяют условиям (3,4). Например, Λ_0 может быть сформирована на основе экспертных оценок специалистов совместно с ЛПР. Каждый элемент χ_t^0 ломаной Λ_0 предлагается рассматривать в виде некоторого центра локальной области, которая формируется на основе принципа локальной оптимизации [6] в пределах некоторого направляющего гиперпространства \sum_t^ω . Все элементы χ_t , входящие в локальную область, должны удовлетворять ограничениям на финансовые ресурсы. Таким образом, для построения локальной области необходимо произвести следующие действия:

- 1) сформировать направляющие гиперпространства $\sum_t^\omega, t = \overline{1, T}$;
- 2) ввести метрику в пределах направляющих гиперпространств;
- 3) сформировать непосредственно локальные области с центрами χ_t^0 , которые будут использоваться в виде «каркаса блуждающей трубки».

Кратко рассмотрим каждый из выше перечисленных пунктов, определяющих последовательность формирования локальной области.

Гиперплоскость \sum_t является пространством переменных $x_{ij}^t, j \in J_i, i \in \bigcup_{i=1}^k$. Однако на основе экспертных оценок специалистов ЛПР

может при управлении качеством ПР ПО на каждом подпериоде решать задачу в пределах некоторого направляющего подпространства, размерность которого меньше, чем пространства \sum_t . Это связано с тем, что отдельные фокусные области по тем или иным причинам могут быть исключены из рассмотрения, а в рамках оставшихся областей будут рассматриваться только отдельные практики. Таким образом, рассматриваются множества $I_l^\omega, l = \overline{1, k}$

и $J_i^\omega, i \in \bigcup_{i=1}^k$.

Перейдем к рассмотрению вопроса формирования метрики направляющего гиперпространства \sum_t^ω . Учитывая то, что это пространство

дискретных переменных, принимающих значения целых чисел на интервале [0,3] предлагается использовать Манхэттенскую метрику. В этом случае расстояние между двумя точками в пространстве \sum_t^ω определяется следующим образом

$$d(\chi_t^s, \chi_t^l) = \sum_{i \in I^\omega} \sum_{j \in J_i^\omega} |x_{ij}^{ts} - x_{ij}^{tl}|,$$

где индексы s, l соответствуют двум произвольным точкам пространства \sum_t^ω , $I^\omega = \bigcup_{l=1}^k$. Множество элементов $x_{ij}^t \in \sum_t^\omega$, для которых

$$d(\chi_t^0, \chi_t) \leq \Delta d_t,$$

назовем замкнутым шаром радиуса Δd_t с центром χ_t^0 и обозначим $\tilde{\Sigma}_{\Delta d_t, \chi_t^0}$. Величина Δd_t является целым числом и может быть различной для различных подпериодов управления.

Так как на каждом подпериоде управления накладываются ограничения на ресурсы, необходимо исключить из рассмотрения те элементы $\chi_t \in \tilde{\Sigma}_{\Delta d_t, \chi_t^0}$, которые не удовлетворяют условию (2). В результате на каждом подпериоде управления формируются локальные области

$$S_t(\chi_t^0) \subseteq \tilde{\Sigma}_{\Delta d_t, \chi_t^0}, \quad t = \overline{0, T-1},$$

на элементах которых реализуются вычислительная схема алгоритма последовательного анализа вариантов [4].

В результате формируется новая ломаная Λ_t и т.д. В работе [7] показано, что, если ломаная Λ_j известна, то для получения новой ломаной Λ_{j+1} , в отличие от метода последовательного анализа вариантов, в методе «Блуждающая трубка» трудоёмкость решения задачи растёт линейно с увеличением числа элементов локальных областей.

Выводы. Таким образом, совместное использование методов последовательного анализа вариантов и локальной оптимизации позволяет уменьшить трудоёмкость решения задачи, хотя и не даёт гарантии, что найденное решение соответствует глобальному экстремуму. Целью дальнейших исследований является: разработка информационной технологии на основе методов локальной оптимизации и последовательного анализа вариантов и её дальнейшее исследование на предмет уменьшения времени работы алгоритма; исследование вида функции принадлежности к

некоторому уровню зрелости; уменьшение трудоёмкости решения задачи на основе декомпозиции модели на отдельные подзадачи с последующей их координацией.

Список литературы: 1. Шеховцов В. А. Оценка и управление качеством процесса разработки программного обеспечения на основе моделей зрелости / В. А. Шеховцов, М. Д. Годлевский, И. Л. Брагинский // Восточно–Европейский журнал передовых технологий. – Харьков. – 2011. – № 5/2 (53). – С. 22–27. 2. Шеховцов В. А. Вербальное описание технологии улучшения качества процесса разработки программного обеспечения / В. А. Шеховцов, М. Д. Годлевский, И. Л. Брагинский // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – № 29. – С. 54–59. 3. Годлевский М. Д. Принципы моделирования оценки и управления качеством процесса разработки программного обеспечения / М. Д. Годлевский, В. А. Шеховцов, И. Л. Брагинский // Восточно–Европейский журнал передовых технологий. – Харьков. – 2012. – № 5/3 (59). – С. 45–49. 4. Годлевский М. Д. Динамическая модель и алгоритм управления качеством процесса разработки программных систем на основе модели зрелости / М. Д. Годлевский, И. Л. Брагинский // Проблемы информационных технологий. – Херсон : ОЛДИ–Плюс, 2012. – С. 6–13. 5. Годлевский М. Д. Результаты исследования информационной технологии управления качеством процесса разработки программного обеспечения на основе полноразмерной исходной информации / М. Д. Годлевский, И. Л. Брагинский, А. С. Бабина, Г. Г. Рычко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2013. – № 62. – С. 105–111. 6. Сергиенко М. В. Задачи дискретной оптимизации. Проблемы. Методы решения. Исследования / И. В. Сергиенко, В. П. Шило. – К. : Наукова думка, 2003. – 261 с. 7. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев. – М. : Наука, 1981. – 488 с.

Bibliography (transliterated): 1. Shehovcov, V. A., M. D. Godlevskij, and I. L. Braginskij "Ocenka i upravlenie kachestvom processa razrabotki programmnogo obespechenija na osnove modelej zrelosti." *Vostochno–Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij* No 5/2 (53) (2011): 22–27. Print. 2. Shehovcov, V. A., M. D. Godlevskij, and I. L. Braginskij "Verbal'noe opisanie tehnologii uluchshenija kachestva processa razrabotki programmnogo obespechenija." *Visnyk NTU «HPI»*. No. 29. 2011. 54–59. Print. 3. Godlevskij, M. D., V. A. Shehovcov, and I. L. Braginskij "Principy modelirovanija ocenki i upravlenija kachestvom processa razrabotki programmnogo obespechenija." *Vostochno–Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij* No 5/3 (59) (2012): 45–49. Print. 4. Godlevskij, M. D., and I. L. Braginskij "Dinamicheskaja model' i algoritm upravlenija kachestvom processa razrabotki programmnih sistem na osnove modeli zrelosti." *Problemy informacionnyh tehnologij*. Herson: OLDI–Pljus, 2012. 6–13. Print. 5. Godlevskij, M. D., I. L. Braginskij, A. S. Babina, and G. G. Rychko "Rezultaty issledovanija informacionnoj tehnologii upravlenija kachestvom processa razrabotki programmnogo obespechenija na osnove polnorazmernoj ishodnoj informacii." *Visnyk NTU "HPI"*. No 62. Kharkiv: NTU «HPI», 2013. 105–111. Print. 6. Sergienko, M. V., I. V. Sergienko, and V. P. Shilo. *Zadachi diskretnoj optimizacii. Problemy. Metody reshenija. Issledovanija*. Kiev: Naukova dumka, 2003. Print. 7. Moiseev N. N. *Matematicheskie zadachi sistemnoho analiza*. Moskva: Nauka, 1981. Print.

Поступила (received) 03.11.2014

О. В. ВЕКШИН, аспірант, каф. «АСУ», НТУ «ХПІ»;
М. В. ТКАЧУК, д-р техн. наук, проф., проф. каф. «АСУ», НТУ «ХПІ»;
М. О. ПАНТЕЛЕЄВ, студент НТУ «ХПІ»

РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МАРКЕРНОЇ МОБІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

В роботі надається огляд сучасних технологій функціонування та розробки мобільних систем доповненої реальності, розглядаються приклади таких систем. Пропонується архітектурна модель адаптивної маркерної мобільної системи доповненої реальності та розглядається побудова прототипу такої системи на платформі Google Android з використанням інструментарію Metaio SDK. Зроблено висновки про продуктивність таких мобільних систем та можливі методи вирішення проблем високого часу обробки даних.

Ключові слова: мобільний пристрій, доповнена реальність, програмне забезпечення, мобільна система доповненої реальності, Android, Metaio.

Вступ. На теперішній час сегмент ринку мобільних інформаційних систем (МІС) є одним з найбільш швидко зростаючих сегментів ринку програмного забезпечення [1]. Щороку з'являються нові версії мобільних операційних систем та нові моделі та покоління мобільних пристроїв (МП). В свою чергу, одним із найбільш складним класом МІС за обчислювальним навантаженням на МП є мобільні системи доповненої реальності (МСДР) [2]. Розробникам МСДР необхідно брати до уваги обмежені обчислювальні можливості та необхідність підтримки різних типів МП. Таким чином, з метою більш ефективного функціонування МСДР на різних типах МП та в різних режимах роботи МП, виникає потреба адаптивного управління ресурсам МСДР [2, 3]. Дана робота присвячена огляду сучасних механізмів функціонування МСДР та аналізу особливостей їх типових архітектур, розробці та реалізації прототипу маркерної МСДР на платформі Google Android [4] і експериментальному дослідженню продуктивності таких систем.

1. Механізми реалізації та функціонування мобільних систем доповненої реальності. Існує ряд технологій, що дозволяють будувати програмне забезпечення систем доповненої реальності [5]. Основними технологіями реалізації МСДР є: маркерні технології, безмаркерні технології, геолокаційні технології та технології інфрачервоних датчиків. Кожна з цих технологій має свої особливості та сфери застосування.

Маркерні технології [5] базуються на розпізнаванні маркерів (QR [6] або штрих-код [7]), що потрапляють у поле зору камери мобільного пристрою. Для функціонування такої системи достатньо обчислювального пристрою з наявністю камери. Особливістю таких систем є відсутність вимог до високої

якості зображення маркеру. У якості прикладів таких систем можна навести QR Droid [8].

Безмаркерні технології МСДР використовують алгоритми розпізнавання образів, на основі яких на зображення об'єктів з навколишнього середовища накладається віртуальна сітка, на ній визначаються певні опорні точки, до яких буде прив'язано віртуальну модель об'єкту [5]. Основною вимогою до вхідних даних в таких системах є контрастність зображення, і як приклад реалізації такої технології може бути наведена така МСДР як Layer [9].

Геолокаційні технології, що виористовуються у складі МСДР, функціонують на основі визначення координат та відстаней до об'єктів в реальному середовищі. Це дозволяє визначати місцеположення користувача та об'єкти, що розташовані поряд нього. МСДР, які побудовані на основі таких технологій, використовують GPS-модуль [10], компас та гіроскоп, це такі системи, як, наприклад iOnRoad [11] та RoadAR [12].

Основними пристроєм для застосування технологій інфрачервоних датчиків у МСДР є відповідний датчик для заміру глибини та відстані до об'єктів. Таким чином, МСДР, які побудовані на основі цієї технології, дозволяють розпізнавати жести та рухи користувачів цих систем, і саме тому такі системи найбільш поширені у сфері розваг (див., наприклад, опис МСДР Kinect [13]).

В цій роботі найбільш детально будуть розглянуті маркерні технології функціонування МСДР, оскільки вони не накладають істотні обмеження на апаратне забезпечення МП та підтримуються великою кількістю програмних бібліотек.

2. Розробка архітектури прототипу адаптивної мобільної системи доповненої реальності. На основі результатів аналізу існуючих типових архітектур МСДР [14, 15, 16] та з метою дослідження можливостей реалізації адаптивних механізмів управління обчислювальним навантаженням в таких системах, пропонується розробити архітектуру та реалізувати прототип відповідної МСДР на основі підходу, який було викладено в [14]. На рис. 1 наведена UML-діаграма розгортання [17] тривірневої архітектури МСДР з компонентами адаптивного управління. Такими компонентами на клієнтському вузлі системи є наступні: 1) провайдер віддалених обчислень (remote calculation provider), що надає можливості з переадресації обчислень на сервер застосувань; 2) модифікований компонент обчислювального ядра (computing core).

Вузол сервера застосувань розширено наступними компонентами: 1) контролер віддалених обчислень (remote calculation controller) що надає можливості виконання обчислень на стороні серверу застосувань; 2) модель обчислень (calculation model) – репозиторій компонентів, що реалізують обчислення; 3) серверний компонент обчислювального ядра (computing core).

Основними задачами цих компонентів є визначення необхідності переносу обчислень з вузла мобільного клієнту на вузол серверу засновувань МСДР та виконання цього переносу.

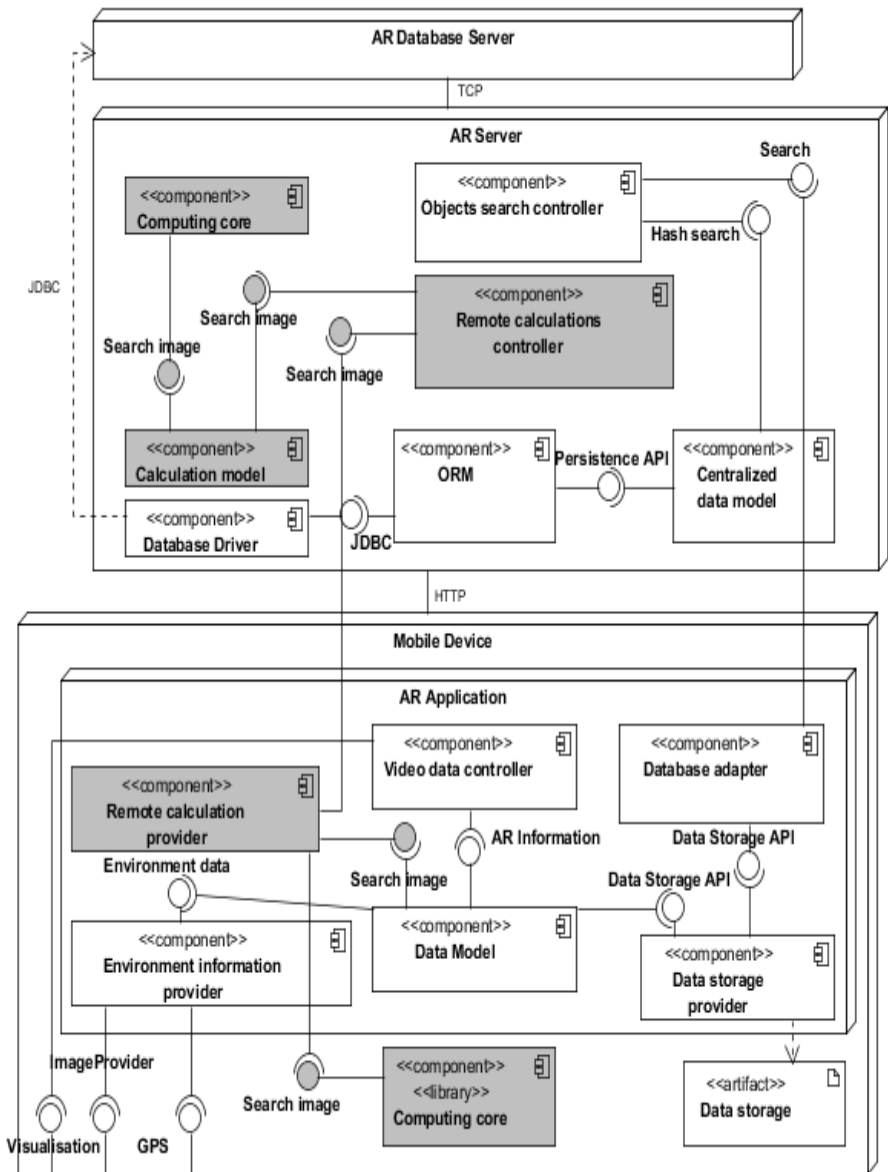


Рис. 1 – Тривінева архітектура адаптивної МСДР

Взаємодія основних компонентів такої МСДР представлена на рис. 2 у вигляді UML - діаграми взаємодії [17].



Рис. 2 – Взаємодія компонентів адаптивної МСДР

На цій діаграмі вказано об'єкт компоненту адаптивного управління (КАУ), який приймає рішення про виконання обчислень на вузлі МП або про перенос обчислень на сторону серверу МСДР. Таким чином, у випадку обмежених ресурсів МП та великої обчислюваної складності певних операцій стає можливим їх виконання на стороні серверу МСДР.

3. Програмна реалізація прототипу мобільної системи доповненої реальності. Для ілюстрації запропонованого підходу спроектовано та розроблено маркерну МСДР на платформі Android 4. Розроблена МСДР має трирівневу архітектуру та використовує Metaio-SDK [18]. Це застосування отримує зображення з камери МП і реалізує розпізнавання певного маркеру на цьому зображенні, виконує пошук даних, пов'язаних з цим маркером та відображає результат обробки на екрані МП.

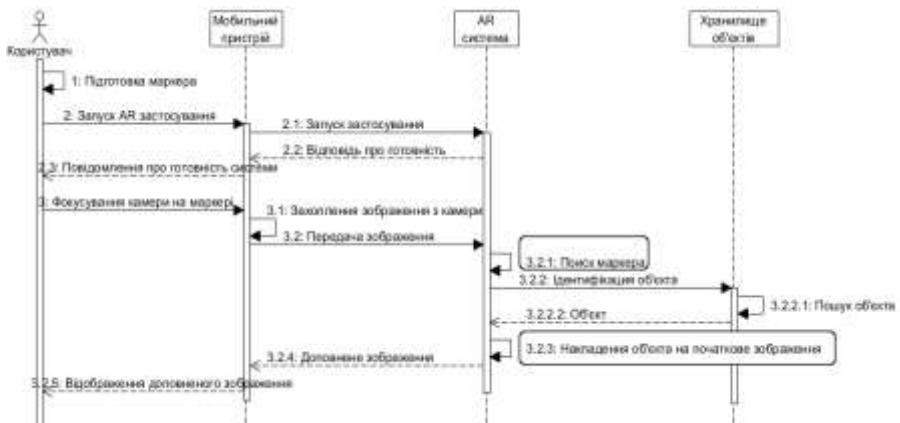


Рис. 3 – Взаємодія прототипу МСДР без урахування адаптивного управління

На даному етапі прототип МСДР не містить компонентів адаптивного управління та виконує усі обчислення на стороні МП. Діаграма послідовності взаємодії компонентів розробленої системи наведена на рис. 3. На ній зазначені вузькі місця, які в наступних реалізаціях будуть виконуватися з використанням компонентів адаптивного управління. Інтерфейс прототипу МСДР наведено на рис. 4 та 5. На рис. 4 наведено вихідні дані з камери МП, які були отримані МСДР.



Рис. 4 – Вихідні дані для МСДР

Після обробки даних прототипом МСДР на це зображення було накладено згенеровану тривимірну модель вузла, що містить об'єкт з вихідного зображення у якості складової частини. Результат доповнення наведено на рис. 5.



Рис. 5 – Доповнене зображення МСДР.

Для розробленого прототипу маркерної МСДР було проведено тестування його продуктивності [19]. Метою цього тестування було виявлення залежності часу обробки даних від обчислювальної потужності МП та часу обробки даних від об'єму вхідних даних. У якості тестових МП було обрано

HTC One, HTC Wildfire S, Samsung Galaxy S2. Технічні характеристики цих пристроїв наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики тестових МП

Клас МП	Назва пристрою	Процесор	ОЗУ	Відеопрое-сор	Оцінка продуктивності
P1	HTC One	Snapdragon 600, 1,7 ГГц (4 ядра)	2 ГБ RAM	Adreno 320	26556
P2	Samsung Galaxy S2	Exynos 4210, 1200 МГц (2 ядра)	1 ГБ RAM	Mali-400 MP	6173
P3	HTC Wildfire S	MSM7227, 600 МГц (1 ядро)	512 МБ RAM	Adreno 200	1804

Для оцінки продуктивності апаратного забезпечення мобільних пристроїв було обрано технологію оцінки продуктивності та мобільне ПЗ Antutu [20]. У якості тестових даних було обрано зображення з різними характеристиками розподільчої здатності (P3). Можливо виділити чотири класи об'єму вхідних даних, або класів складності:

- C1 P3 складає 480x320;
- C2 P3 складає 720x480;
- C3 P3 складає 960x720;
- C4 P3 складає 1280x720.

В ході тестування було оцінено час обробки прототипом МСДР зображень, що належать до різних класів складності, тобто зображення різного розміру. Результати тестування наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати тестування МП

№	Назва пристрою	Розподільча здатність зображення	Час, мс
1	HTC One	480x320	27
2	HTC One	720x480	38
3	HTC One	960x720	61
4	HTC One	1280x720	117
5	HTC Wildfire S	480x320	38
6	HTC Wildfire S	720x480	62
7	HTC Wildfire S	960x720	132
8	HTC Wildfire S	1280x720	289
9	Samsung Galaxy S2	480x320	32
10	Samsung Galaxy S2	720x480	49
11	Samsung Galaxy S2	960x720	95
12	Samsung Galaxy S2	1280x720	196

Графічно результати тестування наведено на рис. 6 у вигляді діаграми.



Рис. 6 – Результати тестування продуктивності

Аналіз результатів тестування показав, що швидкість обробки даних прямо залежить від об'єму вхідних даних, а час обробки даних для пристроїв класів P2 та P3 наближається до значень (250–300 мс), що може негативно впливати на зручність та ефективність користування МСДР [21]. Для подолання цих недоліків доцільно застосувати адаптивні підходи до побудови МСДР [14], з метою більш ефективного розподілу та використання обчислювальних ресурсів і підвищення продуктивності МСДР.

Висновки. В даній роботі розглянуті питання структурної адаптації МСДР та розробки маркерної МСРД на платформі Android. Розглянуті сучасні технології функціонування МСДР та типові архітектури таких застосувань. Також було розроблено прототип маркерної МСДР та були проведені дослідження його продуктивності. При аналізі результатів дослідження продуктивності МСДР було визначено залежність часу обробки зображення від його розміру та виявлено критичне зростання часу обробки зображення МСДР, що підтверджує необхідність використання адаптивних механізмів для підвищення продуктивності МСДР. У майбутньому планується розширити цей прототип компонентами адаптивного управління, що будуть реалізовувати можливості структурної адаптації МСДР.

Список літератури: 1. Research Smartphones Forecast to Represent Over 50% of Total Cellphone Sales for the First Time in 2013. – Режим доступу : <http://bit.ly/1uByTLL/>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. 2. Azuma R. Survey of Augmented Reality // Teleoperators and Virtual Environments – 1997. – С. 355–385. 3. Ткачук М. В. Деякі проблеми розробки адаптивного програмного забезпечення мобільних інформаційних систем та підхід до їх вирішення / Ткачук М. В., Векишин О. В., Косенко В. В. // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – Х. : НТУ "ХПІ", 2012. – № 29 – С. 22–29. 4. Android Developer офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://developer.android.com>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. 5. Благоевченко І. А. Технології та алгоритми для створення доповненої реальності / Благоевченко І. А., Демьянков Н. А. // Моделирование и анализ информационных систем. – 2013. – Т 10, № 2. – С.129–138. 6. Сайт проекту QRCode. – Режим доступу :

<http://www.qrcode.com/>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **7.** Barcodes & ID Key Standards. – Режим доступу : <http://www.gs1.org/gsm/kc/barcodes>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **8.** QR Droid. – Режим доступу : <http://bit.ly/1xsZ9O1>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **9.** Layer офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.layar.com>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **10.** GPS офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.gps.gov> – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **11.** iOnRoad офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.ionroad.com>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **12.** RoadAR офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.roadar.ru/>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **13.** Xbox Kinect Motion Sensors. – Режим доступу : <http://www.xbox.com/en-GB/Kinect>. – Дата звертання : 25 жовтня 2014. **14.** Vekshyn O., Tkachuk M. // 7-th International Conference on Software Engineering Advances. – Lisbon. 2012. – С. 22–29. **15.** Butchart B. Architectural Styles for Augmented Reality in Smartphones // *International AR Standards*. – EDINA(University of Edinburgh). – 2011. **16.** Woodward C. A Client-Server Architecture for Augmented Assembly on Mobile Phones // *Hakkarainen M., Billinghurst M.* // VTT Technical Research Centre of Finland. – 2010. **17.** Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования: практическое руководство. – М. : Вильямс, 2009. – 736с. **18.** Metaio офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.metaio.com/>. – Дата звертання : 25 жовтня 2014. **19.** Types of Performance Testing. – Режим доступу : <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb924357.aspx>. – Дата звертання : 25 жовтня 2014. **20.** Antutu офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.antutu.com/en/Ranking.shtml>. – Дата звертання : 29 жовтня 2014. **21.** Keeping Your App Responsive. – Режим доступу : <http://bit.ly/1jfCEl>. – Дата звертання : 29 жовтня 2014.

Bibliography (transliterated): **1.** Research Smartphones Forecast to Represent Over 50% of Total Cellphone Sales for the First Time in 2013. Web. 18 October 2014. <<http://bit.ly/1uByTLL>>. **2.** Azuma R. "Survey of Augmented Reality" // Teleoperators and Virtual Environments – 1997. – 355–385. Print. **3.** Tkachuk M. , Vekshyn O. V., Kosenko V. V. "Deyaki problemy rozrobky adaptivnoho prohramnoho zabezpechennya mobil'nykh informatsiynykh system ta pidkhid do yikh vyvishennya." *Visnyk NTU "KPI"*. No 29. 2012. 22–29. Print. **4.** Android Developer ofitsiyny sayt proektu. Web. 18 October 2014. <<http://developer.android.com>>. **5.** Blagoveshenskij I. A., Dem'jankov N. A. "Tehnologii i algoritmy dlja sozdanija dopolnennoj real'nosti." *Modelirovanie i analiz informacionnyh sistem* – No 10.2. 2013. 129–138. Print. **6.** Sayt proektu QRCode. Web. 18 October 2014. <<http://www.qrcode.com/>>. **7.** Barcodes & ID Key Standards. Web. 18 October 2014. <<http://www.gs1.org/gsm/kc/barcodes>>. **8.** QR Droid. Web. 18 October 2014. <<http://bit.ly/1xsZ9O1>>. **9.** Layer ofitsiyny sayt proektu. Web. 18 October 2014. : <<http://www.layar.com>>. **10.** GPS ofitsiyny sayt proektu. Web. 18 October 2014. <<http://www.gps.gov>>. **11.** iOnRoad ofitsiyny sayt proektu. Web. 18 October 2014. <<http://www.ionroad.com>>. **12.** RoadAR ofitsiyny sayt proektu. Web. 18 October 2014. <<http://www.roadar.ru/>>. **13.** Xbox Kinect Motion Sensors. Web. 25 October 2014. <<http://www.xbox.com/en-GB/Kinect>>. **14.** Vekshyn O., Tkachuk M. "Algorithmic Software Adaptation Approach in Mobile Augmented Reality Systems." 7-th International Conference on Software Engineering Advances. – Lisbon. 2012. – 22–29. Print. **15.** Butchart B. Architectural Styles for Augmented Reality in Smartphones // *International AR Standards*. – EDINA(University of Edinburgh). – 2011. Print. **16.** Woodward C., Hakkarainen M., Billinghurst M. A Client-Server Architecture for Augmented Assembly on Mobile Phones. *VTT Technical Research Centre of Finland*. – 2010. Print. **17.** Larman K. "Primenenie UML 2.0 i shablonov proektirovanija: prakticheskoe rukovodstvo." – 2009. – 736. Print. **18.** Metaio ofitsiyny sayt proektu. Web. 25 October 2014. <<http://www.metaio.com/>>. **19.** Types of Performance Testing. Web. 25 October 2014. <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb924357.aspx>>. **20.** Antutu ofitsiyny sayt proektu. Web. 29 October 2014. <<http://www.antutu.com/en/Ranking.shtml>>. **21.** Keeping Your App Responsive. Web. 29 October 2014. <<http://bit.ly/1jfCEl>>.

Надійшла (received) 05.09.2014

В. П. СЕВЕРИН, д-р техн. наук, проф., проф. НТУ «ХП»;
О. М. НИКУЛІНА, канд. техн. наук, доц., доц. НТУ «ХП»;
В. С. БУРЯКОВСЬКИЙ, студент НТУ «ХП»

АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОННИХ ФІЛЬТРІВ БАТТЕРВОРТА ЧИСЕЛЬНИМИ МЕТОДАМИ

Створено математичні моделі електронних фільтрів Баттерворта різних порядків. На основі матричних методів інтегрування систем диференціальних рівнянь розроблені алгоритми та програми для обчислення перехідних процесів в фільтрах та їх прямих показників якості. Розраховані амплітудно-частотні характеристики, перехідні процеси та прямі показники якості фільтрів Баттерворта різних порядків.

Ключові слова: електронні фільтри, фільтр Баттерворта, математична модель, передавальна функція, перехідні процеси, прямі показники якості.

Вступ. Фільтр Баттерворта – електронний фільтр низьких частот, який має максимальну гладку амплітудно-частотну характеристику на частотах смуги пропускання і котра знижується практично до нуля на частотах смуги подавлення. Розрахунок електронного фільтра із заданими характеристиками є складною оптимізаційною задачею параметричного аналізу та синтезу радіоелектронних схем [1]. Перехідні характеристики електронних фільтрів обчислюються на основі математичних моделей фільтрів, визначених у вигляді передавальних функцій та систем диференціальних рівнянь, для розв’язання яких доцільно використовувати матричні методи інтегрування [1, 2]. За перехідними характеристиками обчислюються прямі показники якості фільтрів [1, 3].

Мета статті полягає в представленні математичних моделей, алгоритмів та результатів аналізу прямих показників якості перехідних процесів для електронних фільтрів Баттерворта.

Математичні моделі фільтрів Баттерворта. Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) фільтра низьких частот Баттерворта порядку n представляється виразом

$$A(\omega) = 1 / \sqrt{1 + \omega^{2n}}, \quad (1)$$

де ω – кругова частота.

Всі полюси квадрата модуля цієї АЧХ розташовані на колі одиничного радіусу на кутовій відстані $\theta = \pi/n$. Для розрахунку передавальної функції фільтра обирають полюси, що лежать в лівій півплощині:

$$s_k = \exp(j(\pi/2 + \varphi_k)), \quad j = \sqrt{-1}, \quad \varphi_k = (2k - 1)\theta/2, \quad k = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Передавальна функція фільтру Баттерворта має загальний вигляд:

$$H(s) = 1/D(s), \quad D(s) = \prod_{k=1}^n (s - s_k) = d_0 s^n + d_1 s^{n-1} + \dots + d_{n-1} s + d_n, \quad (3)$$

де $d_0 = 1$ і $d_n = 1$.

Для непарного та парного n відповідно отримаємо:

$$D(s) = (s+1) \prod_{k=1}^{(n-1)/2} (s^2 + 2s \sin \varphi_k + 1), \quad D(s) = \prod_{k=1}^{n/2} (s^2 + 2s \sin \varphi_k + 1). \quad (4)$$

Обчислимо коефіцієнти $a_k = d_k / d_{k-1}$, $k = \overline{1, n}$, та перейдемо від передавальної функції (3) до системи диференціальних рівнянь (СДР):

$$d\mathbf{X}/dt = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{B}u, \quad \mathbf{X}_0 = \mathbf{0}, \quad y = \mathbf{C}\mathbf{X}, \quad (5)$$

де $\mathbf{X} = \mathbf{X}(t)$ і \mathbf{X}_0 – вектори стану і початкових умов;

\mathbf{A} і \mathbf{B} – матриці стану і входу;

$u = u(t)$ – вхідний вплив;

\mathbf{C} і $y = y(t)$ – матриця і змінна виходу.

Матриці СДР (5) мають вигляд:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} -a_1 & a_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -a_2 & 0 & a_2 & 0 & \dots & 0 \\ -a_3 & 0 & 0 & a_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{n-1} & 0 & 0 & 0 & \dots & a_{n-1} \\ -a_n & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ a_n \end{pmatrix}, \quad \mathbf{C} = (1 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0). \quad (6)$$

Методи аналізу фільтрів Баттерворта. Матричні методи інтегрування, що засновані на розрахунку матричної експоненти та її інтегралу, ефективно використовуються для розв'язання як жорстких, так і нежорстких СДР [1, 2].

Матрична експонента визначається рядом, що рівномірно сходиться:

$$\Phi(\mathbf{A}) = e^{\mathbf{A}} = \mathbf{E} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2/2! + \mathbf{A}^3/3! + \dots, \quad (7)$$

де \mathbf{A} – квадратна матриця;

\mathbf{E} – одинична матриця.

Аналогічно представимо ряд для інтегралу матричної експоненти

$$\Phi(\mathbf{A}, h) = \int_0^h e^{\mathbf{A}t} dt = h \left[\mathbf{E} + \mathbf{A}h/2! + (\mathbf{A}h)^2/3! + (\mathbf{A}h)^3/4! + \dots \right], \quad (8)$$

де h – крок інтегрування.

Для обчислення перехідної функції одночасно використовуються матрична експонента (7) та її інтеграл (8), за котрим розраховується вектор $\mathbf{g} = \Phi(\mathbf{A}, h)\mathbf{B}$. Ці параметри знайдемо за наступним алгоритмом.

Алгоритм 1. Параметри для обчислення перехідної функції.

Вхідні параметри: \mathbf{A} та \mathbf{B} – матриці стану та входу, h – крок інтегрування.

Вихідні параметри: Φ – матрична експонента, \mathbf{g} – добуток інтеграла матричної експоненти на матрицю входу.

1. Покласти $\varepsilon = 0,1$, $\delta = 10^{-12}$, $N_A = \|\mathbf{A}\|$. 2. Якщо $N_A h < \varepsilon$, то покласти $l = 0$, $s = h$, інакше обчислити $l = \lceil \log_2(N_A h / \varepsilon) \rceil$, $s = h/2^l$. 3. Покласти $\mathbf{B} = \mathbf{A}s$, $\mathbf{C} = 0,5\mathbf{B}$, $\Phi = \mathbf{E} + \mathbf{C}$, $i = 2$. 4. Якщо $\|\mathbf{C}\| > \delta\|\Phi\|$, то покласти $i = i + 1$, $\mathbf{C} = \mathbf{C}\mathbf{B}/i$, $\Phi = \Phi + \mathbf{C}$, інакше перейти до п. 6. 5. Перейти до п. 4. 6. Покласти $\Phi = s\Phi$, $\Phi = \mathbf{E} + \mathbf{A}\Phi$, $\mathbf{g} = \Phi\mathbf{B}$, $i = 1$. 7. Якщо $l = 0$, то перейти до п. 10. 8. Покласти $\mathbf{g} = (\mathbf{E} + \Phi)\mathbf{g}$, $\Phi = \Phi\Phi$, $i = i + 1$. 9. Якщо $i < l$, то перейти до п. 8. 10. Зупинитись.

Перехідна функція системи (5) має вигляд:

$$\mathbf{X}(t) = e^{\mathbf{A}t} \mathbf{X}_0 + \int_0^t e^{\mathbf{A}\tau} d\tau \mathbf{B}, \quad y(t) = \mathbf{C}\mathbf{X}(t). \quad (9)$$

Звідси отримаємо рекурентні вирази для дискретних моментів часу:

$$\mathbf{X}_0 = \mathbf{0}, \quad \mathbf{X}_k = \Phi(\mathbf{A}h)\mathbf{X}_{k-1} + \mathbf{g}, \quad k = \overline{1, L}, \quad (10)$$

де L – кількість кроків інтегрування.

За формулою (10) побудуємо алгоритм.

Алгоритм 2. Розрахунок значень перехідної функції.

Вхідні параметри: \mathbf{A} , \mathbf{B} та \mathbf{C} – матриці стану, входу і виходу, T_f та

L – кінець інтервалу та кількість кроків інтегрування.

Вихідні параметри: \mathbf{T} та \mathbf{Y} – масиви моментів часу і значень перехідної функції.

1. Покласти $h = T_f/L$, $\mathbf{X} = \mathbf{0}$, за алгоритмом 1 обчислити (Φ, \mathbf{g}) . 2. Покласти $T_0 = 0$, $Y_0 = 0$, $k = 1$. 3. Покласти $\mathbf{X} = \Phi\mathbf{X} + \mathbf{g}$. 4. Покласти $T_k = T_{k-1} + h$, $Y_k = \mathbf{C}\mathbf{X}$. 5. Якщо $k < L$, то покласти $k = k + 1$ і перейти до п. 3. 6. Зупинитись.

Алгоритми 1 та 2 використовуються в матричних методах розв'язання СДР для розрахунку перехідних процесів в радіоелектронних схемах та їх показників якості. Для цього перейдемо до відхилення перехідної функції від її сталого значення $z(t) = y(t) - y(\infty)$. В інтервалі часу $[0, T_f]$ обчислимо масив екстремумів \mathbf{E} функції $z(t)$ розмірності m . Визначимо максимальне

відхилення $\sigma = \max\{E_i, 0\}$. Для $m > 1$ обчислимо розмах коливань ζ та показник загасання коливань λ :

$$\zeta = \max_i |E_{2i-1} - E_{2i}|, \quad i = \overline{1, \lceil m/2 \rceil}; \quad \lambda = \max_i \{|E_i|/|E_{i-1}|\}, \quad i = \overline{2, m}. \quad (11)$$

Для монотонної функції покладемо $\sigma = 0$. Для такої функції та функції з одним екстремумом $\zeta = 0$ і $\lambda = 0$. Час перехідного процесу t_c визначається максимальним моментом часу попадання $z(t)$ в заданий інтервал $[-\delta_z, \delta_z]$:

$$t_c = \max\{t \mid |z(t)| = \delta_z, t \in [0, \infty)\}. \quad (12)$$

Визначені показники σ , ζ , λ та t_c є найважливішими прямими показниками якості перехідних функцій фільтрів.

Аналіз фільтрів Баттерворта. За представленими моделями та алгоритмами розроблені програми аналізу фільтрів Баттерворта, що працюють у двох режимах: для аналізу одного фільтру та для сумісного аналізу кількох фільтрів різних порядків.

Для першого режиму за заданим порядком фільтру Баттерворта n обчислюються його полюси (2), АЧХ (1), коефіцієнти передавальної функції (3), (4), параметри матриць (6) системи диференціальних рівнянь (5), перехідна функція (9) та прямі показники якості (11), (12). Розміщення полюсів передавальної функції фільтра Баттерворта порядку $n = 10$ показано на рис. 1. Всі полюси лежать на колі одиничного радіуса в лівій півплощині.

Для другого режиму сумісного аналізу кількох фільтрів Баттерворта за заданими порядками фільтрів обчислюються їх АЧХ (1), коефіцієнти передавальних функцій (3), (4), параметри матриць (6) систем диференціальних рівнянь (5), перехідні функції вигляду (9) та прямі показники якості (11), (12).

Графіки обчислених АЧХ фільтрів Баттерворта для порядків від 2 до 10 представлені на рис. 2. Ці графіки підтверджують, що фільтри Баттерворта дійсно є фільтрами низьких частот, які мають гладкі монотонно спадні амплітудно-частотні характеристики. З ростом порядку фільтру його АЧХ

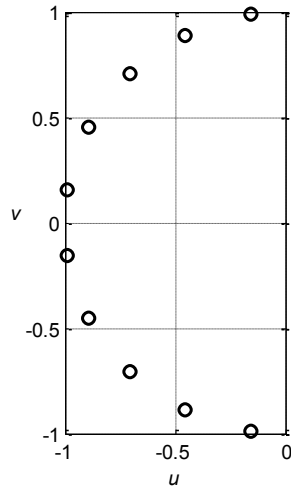


Рис. 1 – Полюси фільтра при $n = 10$

більш постійна на частотах смуги пропускання і швидше знижується на частотах смуги подавлення практично до нуля.

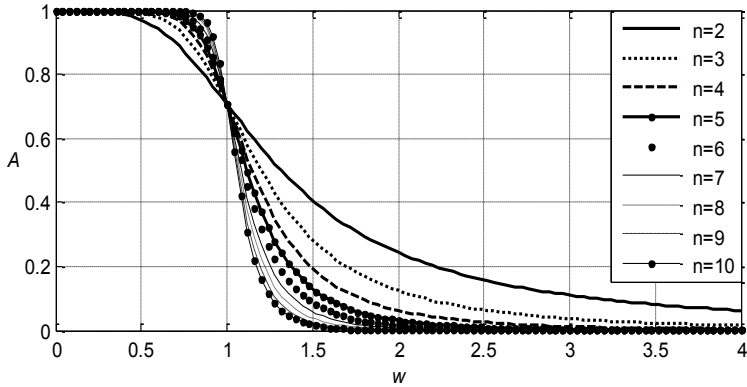


Рис. 2 – Амплітудно-частотні характеристики фільтрів Баттерворта

За алгоритмами 1 та 2 розраховані перехідні функції фільтрів Баттерворта для порядків від 2 до 10, графіки яких представлені на рис. 3. Ці графіки показують, що фільтри Баттерворта мають коливальні перехідні функції. З ростом порядку фільтру його перехідна функція становиться більш коливальною та зміщується вправо, тобто інерційність фільтру підвищується.

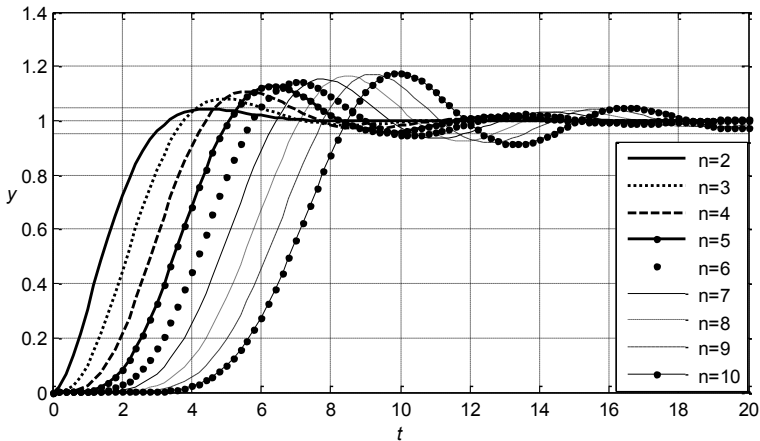


Рис. 3 – Перехідні функції фільтрів Баттерворта

За формулами (11) та (12) обчислені прямі показники якості (ППЯ) для фільтрів різних порядків. Результати розрахунків ППЯ фільтрів Баттерворта для порядків від 2 до 10 представлені в табл. 1. Аналіз цієї таблиці показує,

що з ростом порядку фільтру всі його прямі показники якості суттєво зростають. Вимоги покращення динамічних характеристик електронних фільтрів зумовлюють необхідність постановки та розв'язання задач оптимізації прямих показників якості фільтрів.

Таблиця 1 – Прямі показники якості фільтрів Баттерворта

ППЯ	<i>n</i>								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
σ	0,04	0,08	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
ζ	0,04	0,10	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26
λ	0,04	0,18	0,28	0,36	0,43	0,49	0,53	0,56	0,59
t_c, c	2,93	5,97	6,85	7,66	10,77	11,79	12,68	13,52	14,34

Висновки. На основі розміщення полюсів передавальної функції фільтрів Баттерворта створені математичні моделі фільтрів різних порядків. Представлені передавальні функції фільтрів Баттерворта непарного та парного порядків. Розроблена математична модель фільтру Баттерворта довільного порядку у вигляді лінійної системи диференціальних рівнянь. Розглянуті формули визначення матричної експоненти та її інтегралу для матричних методів інтегрування лінійних систем диференціальних рівнянь. Розроблено алгоритми обчислення перехідних процесів в фільтрах та їх показників якості. Обчислені амплітудно-частотні характеристики, перехідні функції та прямі показники якості фільтрів Баттерворта різних порядків. Побудовані графіки амплітудно-частотних характеристик і перехідних процесів фільтрів. Представлені значення прямих показників якості фільтрів Баттерворта різних порядків. З ростом порядку фільтра Баттерворта всі його прямі показники якості суттєво зростають, що зумовлює необхідність розв'язання задач оптимізації фільтрів.

Список літератури: 1. Домнин И. Ф. Численные методы анализа и синтеза в радиоэлектронике. / И. Ф. Домнин, В. П. Северин, Е. Н. Никулина. – Х.: НТУ «ХПИ», 2014. – 164 с. 2. Ракитский Ю. В. Численные методы решения жестких систем / Ю. В. Ракитский, С. М. Устинов, И. Г. Черноруцкий. – М.: Наука, 1979. – 421 с. 3. Северин В. П. Оптимизация прямых показателей качества систем автоматического управления генетическими алгоритмами / В. П. Северин, Е. Н. Никулина, К. А. Тарасенко // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2013. – № 3(977). – С. 21-26.

Bibliography (transliterated): 1. Domnin, I. Ph., V. P. Severin and E. N. Nikulina. *Chislennye metody analiza i sinteza v radioelektronike*. Kharkiv: NTU "KhPI". Print. 2. Rakitskij, J. V., S. M. Ustinov and I. G. Chernorytskij. *Chislennye metody reshenija zhestkih sistem*. Moscow: Nauka, 1979. Print. 3. Severin, V. P., E. N. Nikulina and K. A. Tarasenko. "Optimizacija prjamyh pokazatelej kachestva sistem avtomaticheskogo upravlenija geneticheskimi algoritmami." *Visnyk NTU "KhPI"*. No. 3(977). 2013. 21–26. Print.

Надійшла (received) 14.11.2014

В. А. ГУЖВА, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;

А. Г. СОКОЛОВА, студент НТУ «ХПИ»

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДИКИ СКОРИНГА К ЗАДАЧЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ЦЕННЫХ БУМАГ

Предложена методика портфельной оптимизации, которая является альтернативной по отношению к классической. Методика основана на модели скоринга ценных бумаг, представленной в виде формулы свёртки нормированных оценок доходности, риска и ликвидности ценных бумаг. Результатом расчёта по этой модели для каждого вида ценных бумаг является коэффициент инвестиционной привлекательности, пропорционально значению которого определяются доли ценных бумаг в портфеле.

Ключевые слова: ценные бумаги, скоринг, доходность, ликвидность, риск, коэффициент инвестиционной привлекательности.

Введение. Управление инвестициями в настоящее время является актуальной задачей для страховых и инвестиционных компаний, пенсионных фондов и банков, а также других структур и частных лиц, инвестирующих средства в биржевые финансовые инструменты.

Это управление заключается в оптимизации сочетания различных типов ценных бумаг, подборе типов эмитента, определении сроков погашения и времени приобретения относительно делового цикла, оценке сохранности капитала и доступа к наличности с учетом ликвидности. Использование нескольких финансовых инструментов вместо одного существенно расширяет возможности управления капиталом, при этом в процессе формирования и управления данная совокупность инструментов рассматривается как единое целое, т.е. как самостоятельный объект – инвестиционный портфель.

Смысл управления ценными бумагами именно как единым портфелем заключается в том, чтобы придать всей совокупности ценных бумаг такие инвестиционные характеристики, которые недостижимы с позиции отдельно взятой ценной бумаги и возможны только при их комбинации.

Цель формирования портфеля – улучшить условия инвестирования, достигнув нового инвестиционного качества с заданными характеристиками.

Нынешнее состояние финансового рынка заставляет быстро и адекватно реагировать на его изменения, поэтому роль управления инвестиционным портфелем резко возрастает и заключается в нахождении той грани между ликвидностью, доходностью и риском, которая позволила бы выбрать оптимальную структуру портфеля.

Вопросам принятия решений на фондовом рынке посвящено множество исследований зарубежных ученых, а с начала 90–х гг. прошлого столетия эти вопросы стали изучаться также в Украине и странах СНГ. За разработку

методов принятия решений в торговле ценными бумагами присвоено порядка десяти Нобелевских премий [1] (например, Г. Марковицу за теорию оптимального инвестирования). Однако многие из этих методов, успешно применяемые на определенных этапах экономического развития стран и мировой экономики в целом, со временем начинают давать недостоверные результаты, что приводит к отрицательным для экономики и отдельных субъектов хозяйствования последствиям, порождает кризисы различных масштабов.

Постановка задачи. В современных условиях время на принятие и реализацию решения в биржевой торговле иногда измеряется несколькими минутами, в то время как объем данных фондового рынка значительно превышает возможности человека по обработке и анализу информации.

Все это свидетельствует о необходимости периодического пересмотра, обновления и совершенствования процедур и методов принятия оптимальных биржевых решений на основе использования эффективных математических методов и информационных технологий с учетом особенностей стран и их фондовых рынков.

Согласно [2], фондовые рынки делятся на развитые и формирующиеся. Фондовый рынок Украины относится к формирующимся фондовым рынкам и обладает рядом особенностей:

- незначительные объемы оборота ценных бумаг;
- недостаточная нормативная и правовая база по регулированию рынка;
- недостаточное количество финансовых инструментов, их малый ассортимент;
- невысокая активность основных участников рынка (инвесторов и самих эмитентов);
- существенный уровень как несистемного, так и системного рисков.

В отличие от развитых фондовых рынков зарубежных стран, ценные бумаги, прежде всего акции подавляющего большинства приватизируемых предприятий, котирующихся на фондовых биржах Украины, как правило, не имеют своей рыночной предыстории. Даже на вторичном биржевом рынке эти акции, за немногими исключениями, не находятся в постоянном обращении, как это имеет место в мировой практике. Это объясняется очень малым пока сроком существования украинского рынка ценных бумаг по мировым меркам. В дальнейшем с приобретением опыта работы и своих фондовых традиций можно ожидать изменения ситуации.

В этих условиях актуальным является использование методики оценки инвестиционной привлекательности ценных бумаг, позволяющей использовать текущую (а не историческую) ценовую статистику совместно с отчетностью эмитентов.

Такую возможность дает использование одной из разновидностей финансового анализа – скоринг ценных бумаг. Скоринг ценных бумаг – это процесс оценивания инвестиционной привлекательности, построения рейтинга и выделения инвестиционных классов ценных бумаг в пределах однородной группы на основе расчета комплексного оценочного индекса для каждой ценной бумаги, учитывающего все факторы, которые влияют на выгодность инвестиций в нее согласно степеням значимости данных факторов [3].

Математическая модель скоринга ценных бумаг имеет вид (1) и обеспечивает учет всех факторов, прямо и косвенно влияющих на привлекательность ценной бумаги, в том числе ликвидности и фундаментальных показателей деятельности эмитентов.

$$J = p_{ret} \sum_{i=1}^{N_{ret}} p_i^{ret} \overline{X_i^{ret}} + p_{risk} \sum_{i=1}^{N_{risk}} p_i^{risk} \overline{X_i^{risk}} + p_L \sum_{i=1}^{N_L} p_i^L \overline{X_i^L} \quad (1)$$

где J – показатель инвестиционной привлекательности ценной бумаги;

p_{ret} – степень значимости для инвестора доходности;

p_{risk} – степень значимости для инвестора риска;

p_L – степень значимости для инвестора ликвидности;

$\overline{X_i^{ret}}$ – нормированные значения показателей, влияющих на доходность;

$\overline{X_i^{risk}}$ – нормированные значения показателей, влияющих на риск;

$\overline{X_i^L}$ – нормированные значения показателей, влияющих на ликвидность;

N_{ret} – количество показателей, влияющих на доходность;

N_{risk} – количество показателей, влияющих на риск;

N_L – количество показателей, влияющих на ликвидность;

p_i^{ret} – степень значимости i -ого показателя соответствующей группы.

При оценке акций целесообразно учитывать следующие факторы:

- влияющие на доходность: доход на акцию, рентабельность акции, коэффициент, коэффициент котировки акции, ценность акции, в международной практике известная как показатель P/E отношения рыночной цены акции к доходу на нее;
- влияющие на риск: индексы финансового состояния, экономического потенциала и платежеспособности эмитента, которые вычисляются по данным финансовой отчетности эмитента;
- влияющие на ликвидность: отношение количества торговых дней, в которых заключались сделки по акциям, к длине анализируемого периода в днях, среднее количество сделок по акциям в день, объем

торгов, количество участников фондового рынка, заключивших сделки по акциям.

Терпимость к риску в модели скоринга ценных бумаг выражается через степени значимости доходности, риска и ликвидности [4]. Например, для консервативного инвестора, предпочитающего вкладывать деньги с меньшим риском, но и в менее доходные ценные бумаги соотношение степеней значимости доходности, риска и ликвидности может выглядеть следующим образом $p_i^{risk} > p_i^L > p_i^{ret}$, для агрессивного инвестора – $p_i^{ret} > p_i^L > p_i^{risk}$.

Рассмотрим некоторую совокупность ценных, по которым рассчитаны следующие промежуточные данные (табл. 1).

Таблица 1 – Данные по группам факторов инвестиционной привлекательности

Номер ценной бумаги	Доходность	Риск	Ликвидность
1	0,571	0,133	0,333
2	0,966	0,245	0,532
3	0,4	0,589	0,8
4	0,743	0,543	0,9
5	0,633	0,052	0,1
6	0,5	0,643	0,64
7	0,856	0,453	0,8
8	0,223	0,564	0,34
9	0,561	0,237	0,63
10	0,288	0,31	0,22

Далее приведем результаты скоринга для консервативного и агрессивного инвесторов (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты скоринга

Номер ценной бумаги	Результаты скоринга	
	Показатель инвестиционной привлекательности J	
	Консервативный инвестор	Агрессивный инвестор
1	0,2368	0,4439
2	0,4032	0,742
3	0,6334	0,5589
4	0,6701	0,77795
5	0,1245	0,38835
6	0,6278	0,5633
7	0,5974	0,832
8	0,4627	0,29805
9	0,3873	0,55275

10	0,2808	0,2664
----	--------	--------

Получаемый в результате скоринга показатель инвестиционной привлекательности является основой построения рейтинга ценных бумаг, выделения в нем инвестиционных и неинвестиционных классов, портфельной оптимизации.

После расчета индексов инвестиционной привлекательности ценных бумаг по формуле (1) строится рейтинг ценных бумаг, в котором выделяются классы по правилам, предложенным в таблице 3.

Таблица 3 – Правила выделения рейтинговых классов ценных бумаг

Значение индекса J	Рейтинг	Торговая рекомендация	Степень уверенности в торговой рекомендации	Рейтинговый класс
$0,8 \leq 1$	Высокий	Рекомендуется покупка ценной бумаги	100%	A
$0,6 \leq J \leq 0,8$	Между средним и высоким	Возможна покупка ценной бумаги	$(0,8 - J) / 0,2 * 100\%$ – удержание $(J - 0,6) / 0,2 * 100\%$ – покупка	AB
$0,4 \leq J \leq 0,6$	Средний	Рекомендуется удержание ценной бумаги	100%	B
$0,2 \leq J \leq 0,4$	Между низким и средним	Возможна продажа ценной бумаги	$(0,4 - J) / 0,2 * 100\%$ – продажа $(J - 0,2) / 0,2 * 100\%$ – удержание	BC
$0 \leq J \leq 0,2$	Низкий	Рекомендуется продажа ценной бумаги	100%	C

В портфель рекомендуется включать ценные бумаги, относящиеся к рейтинговым классам A и AB. Ценные бумаги, относящиеся к классу A, характеризуются высокими инвестиционными качествами акций, избыточностью вложений в них. Принадлежность ценных бумаг к классу AB обозначает возможность покупки части акций, однако, изменяющиеся рыночные условия могут привести к частичному ухудшению их инвестиционных качеств. Остальные классы при этом не рассматриваются, т.к. принадлежность ценных бумаг к этим классам означает невысокие инвестиционные качества этих бумаг и инвестирование в них не рекомендуется.

Доли ценных бумаг в оптимальной структуре портфеля вычисляются пропорционально следующим индексам:

$$y_i^A = \frac{J_i^A}{\sum_{m=1}^s J_m^A + \sum_{l=1}^w Y_l^{AB}},$$

$$y_i^{AB} = \frac{Y_i^{AB}}{\sum_{m=1}^s J_m^A + \sum_{l=1}^w Y_l^{AB}},$$

где y_i^A – оптимальная доля в инвестиционном портфеле i -й ценной бумаги, относящейся к рейтинговому классу А;

J_i^A – индекс инвестиционной привлекательности этой ценной бумаги;

s – количество ценных бумаг, относящихся к рейтинговому классу А;

m – номера ценных бумаг, относящихся к рейтинговому классу А;

J_m^A – индексы инвестиционной привлекательности ценных бумаг, относящихся к рейтинговому классу А;

w – количество ценных бумаг, относящихся к рейтинговому классу АВ;

l – номера ценных бумаг, относящихся к рейтинговому классу АВ;

y_i^{AB} – оптимальная доля в инвестиционном портфеле i -й ценной бумаги, относящейся к рейтинговому классу АВ;

Y_i^{AB} – преобразованный индекс привлекательности ценной бумаги, равный произведению J_i^{AB} на степень уверенности в торговой рекомендации о покупке.

Оптимальная структура портфеля ценных бумаг для рассматриваемого примера выглядит следующим образом (табл. 4, табл. 5).

Таблица 4 – Оптимальная структура портфеля ценных бумаг для консервативного инвестора

Номер ценной бумаги	Показатель J	Рейтинговый класс	Оптимальная доля в портфеле
3	0,6334	АВ	0,254379
4	0,6701	АВ	0,533892
6	0,6278	АВ	0,211729

Таблица 5 – Оптимальная структура портфеля ценных бумаг для агрессивного инвестора

Номер ценной бумаги	Показатель J	Рейтинговый класс	Оптимальная доля в портфеле
2	0,742	АВ	0,291971
4	0,77795	АВ	0,365889
7	0,832	А	0,34214

Как видно из данной таблицы, предпочтения инвестора оказывают важное влияние на результаты скоринга: по некоторым ценным бумагам рейтинговые классы не совпадают. Однако мы можем видеть, что ценная бумага 4 является выгодной для инвестирования в обоих случаях.

Заключение. Предложенная методика портфельной оптимизации является альтернативой традиционному подходу Г. Марковица и основана на модели скоринга ценных бумаг. В общем виде она состоит из следующей цепочки действий: сбор и/или вычисление частных показателей деятельности фондового рынка и эмитентов, влияющих на инвестиционную привлекательность ценных бумаг; вычисление обобщённых показателей, характеризующих доходность, риск и ликвидность ценных бумаг, а также определение значимости данных факторов для конкретного инвестора, принимающего решение; вычисление с помощью их свёртки единого коэффициента инвестиционной привлекательности каждой ценной бумаги; построение рейтинга ценных бумаг и выделение в нём рейтинговых классов; отсеивание ценных бумаг, невыгодных для инвестирования; выбор наиболее привлекательных для инвестирования ценных бумаг; учёт ограничений внешней среды и фондового рынка и окончательное формирование номенклатуры портфеля; расчёт долей выбранных ценных бумаг; окончательное принятие решение о структуре портфеля; торговые операции; мониторинг портфеля.

Методика отличается учётом многочисленных факторов внешней среды, ценовых характеристик ценных бумаг и ликвидности, предпочтений инвестора; возможностью применения на слабо развитых фондовых рынках с низкой волатильностью; простотой обработки данных; независимым рассмотрением доходности и риска; наличием процедуры исключения из рассмотрения непривлекательных для инвестиций ценных бумаг. Методика позволяет в режиме реального времени оценивать возможные варианты структуры портфеля ценных бумаг с точки зрения инвестиционной привлекательности и получать оптимальные инвестиционные решения.

Список литературы: 1. Рубцов Б. Б. Мировые фондовые рынки: проблемы и тенденции развития : дисс. д-ра экон. наук : 08.00.10, 08.00.14 / Б. Б. Рубцов. – М., 2000. – 152 с. 2. Боровкова В. А. Рынок ценных бумаг. – СПб. : Питер, 2005. – 320 с. 3. Железко Б. Скоринг ценных бумаг как способ оптимизации инвестиционных решений / Б. Железко, О. Синявская // Финанс. директор. – 2005. – № 5. – С. 43 – 49. 4. Carlsson C. A possibilistic approach to selecting portfolios with highest utility score / C. Carlsson, R. Fuller, P. Majlender // Fuzzy Sets and Systems. – 2002. – № 131. – P. 13–21.

Bibliography (transliterated): 1. Rubtsov, B. B. *Mirovyye fondovyye ryinki: problemy i tendentsii razvitiya: diss. d-ra ekon. nauk*: 08.00.10, 08.00.14. M., 2000. Print. 2. Borovkova, V. A. *Ryynok tsennyih bumag*. SPb.: Piter, 2005. Print. 3. Zhelezko, B. "Skoring tsennyih bumag kak sposob optimizatsii investitsionnyih resheniy." *Finans. director* 5 (2005): 43–49. Print. 4. Carlsson, C. "A possibilistic approach to selecting portfolios with highest utility score." *Fuzzy Sets and Systems* 131 (2002): 13–21. Print.

Поступила (received) 05.02.2014

Д. Л. ОРЛОВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент НТУ «ХП»;
А. М. КОПП, студент НТУ «ХП»

ПРО ОДИН ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ПОСТАЧАННЯМ ПРОДУКЦІЇ

Пропонується підхід до формування рекомендацій щодо удосконалення бізнес-процесів, пов'язаних з постачанням продукції, на основі аналізу значень планових та фактичних показників логістичних бізнес-процесів моделі, та подальшого визначення бізнес-процесів, які потребують удосконалення. Для визначення планових показників бізнес-процесів пропонується вирішувати задачу визначення оптимального обсягу замовлення продукції.

Ключові слова: постачання, управління процесами, процесний підхід, бізнес-процеси, торгівельне підприємство, модель SCOR.

Вступ. В умовах конкуренції актуальною задачею для багатьох українських підприємств є збереження конкурентоспроможності та підвищення ефективності своєї діяльності. В умовах конкуренції актуальною задачею для багатьох українських підприємств є збереження конкурентоспроможності та підвищення ефективності своєї діяльності. На сучасному етапі економічного розвитку як ніколи гостро постає питання розвитку логістики та управління ланцюгами поставок. Так, доля логістичних витрат, одного з найважливіших показників оцінки ефективності логістичних систем, в структурі ВВП (валовий внутрішній продукт) в розвинених країнах складає 10–12%. В Україні значення даного показника складає близько 15%. Зменшення витрат на логістичні процеси представляється можливим за допомогою застосування процесного підходу до управління цими процесами. Важливими логістичними бізнес-процесами торгівельного підприємства, які потребують постійного контролю та удосконалення, є процеси постачання продукції. Для вирішення подібних задач накопичено чимало досвіду, який потрібно аналізувати та застосовувати, враховуючи особливості конкретного підприємства. Одним з таких підходів є використання референтних моделей.

Передумови до використання референтної моделі. У сучасній практиці в процесі аналізу діяльності підприємств використовуються референтні моделі. Вони являють собою еталонну схему організації бізнесу, розробляються для конкретних галузей промисловості на основі реального досвіду впровадження в різних підприємствах по всьому світу і включають перевірені на практиці процедури і методи організації управління. У моделях визначені типові бізнес-процеси та їх показники, горизонтальні і вертикальні зв'язки і бізнес-правила, що діють в різних областях. Однією з таких моделей є SCOR (Supply-Chain Operations Reference) [1].

Референтна модель логістичних бізнес-процесів SCOR. Модель SCOR на сьогоднішній день визнається в якості міжнародного міжгалузевого стандарту при плануванні та управлінні ланцюжками поставок. Модель визначає три рівні показників (рис. 1). Перший рівень використовують для діагностики загального стану логістичної системи. Ці показники також відомі як стратегічні показники і ключові показники ефективності KPI (Key Performance Indicators). Бенчмаркінг показників цього рівня допомагає встановити реалістичні цілі, які підтримують стратегічні цілі. Другий рівень показників служить для діагностики першого рівня. Діагностична взаємодія допомагає визначити першопричину або причини проблем зниження ефективності на першому рівні. Показники третього рівня служать для діагностики другого рівня. Аналіз показників від першого до третього рівнів називається розкладанням. Розкладання допомагає визначити процеси (що поєднані з показниками першого і другого рівнів), які необхідно розглянути більш детально.

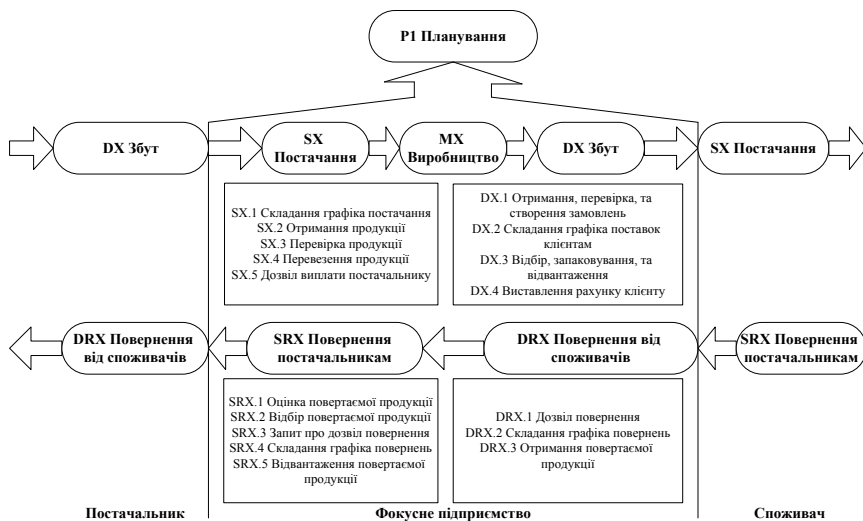


Рис. 1 – Рівні моделі SCOR

Базові показники третього рівня, які пов'язані з постачанням, та відповідні до них бізнес-процеси [2], визначені моделлю SCOR, наведемо нижче.

Процес «Постачання» характеризується наступними базовими показниками:

- витрати на постачання CtS ;
- час циклу постачання продукції SCT .

Процес «Складання графіку поставок товару» характеризується наступними базовими показниками:

- витрати на складання графіку поставок товару $CoSS$ (12% від CtS);
- час на складання графіку поставок товару $SSCT$;
- інтервал між поставками T_0 ;
- кількість поставок $1/T_0$.

Процес «Отримання продукції» характеризується наступними базовими показниками:

- витрати на отримання продукції $CoRS$ (26% від CtS);
- час на отримання продукції $RSCT$;
- відсоток поставок, отриманих у повному обсязі $OSF_{\%}$;
- відсоток вчасних поставок $OST_{\%}$;
- обсяги продукції q .

Процес «Перевірка продукції» характеризується наступними базовими показниками:

- витрати на перевірку продукції $CoVS$ (10% від CtS);
- час на перевірку продукції $VSCT$;
- відсоток поставок, отриманих у повному обсязі $OSF_{\%}$;
- обсяги продукції q .

Процес «Перевезення продукції» характеризується наступними базовими показниками:

- витрати на перевезення продукції $CoTS$ (46% від CtS);
- час на перевезення продукції $TSCT$;
- відсоток поставок, отриманих у повному обсязі $OSF_{\%}$;
- відсоток вчасних поставок $OST_{\%}$;
- обсяги продукції q .

Процес «Дозвіл виплати постачальнику» характеризується наступними базовими показниками:

- витрати на дозвіл виплати постачальнику $CoASP$ (6% від CtS);
- час на дозвіл виплати постачальнику $ASPCT$.

Кожний бізнес-процес має свою структуру, яка може налаштовуватися відповідно до вимог конкретного підприємства, з урахуванням показників ефективності його діяльності.

Постановка задачі. Бізнес-процеси, пов'язані з постачанням продукції, займають важливе місце в структурі підприємства. На сучасному етапі економічного розвитку як ніколи гостро постає питання розвитку логістики та управління ланцюгами поставок. Сучасний стан ефективності логістичних систем українських підприємств залишає бажати кращого. Це зумовлено тим,

що доля одного з найважливіших показників логістичних систем – логістичних витрат в структурі ВВП в Україні досить велика в порівнянні з долею логістичних витрат в структурі ВВП у розвинених країнах. Зазначена проблема визначає актуальність управління логістичними бізнес-процесами підприємства та їх постійного удосконалення. Одними з цих процесів є процеси постачання продукції. Тому, актуальною задачею є формування рекомендацій щодо удосконалення бізнес-процесів, пов'язаних з постачанням продукції. Формувати рекомендації пропонується шляхом експертного визначення пріоритетних для удосконалення бізнес-процесів, що проводиться на основі аналізу їх планових та фактичних показників, та розбіжностей між ними.

Математичне та алгоритмічне забезпечення вирішення поставленої задачі. Згідно до запропонованого підходу, планові показники бізнес-процесів постачання можуть бути отримані шляхом вирішення задачі визначення оптимального обсягу замовлення продукції [3]. Дана задача являє собою задачу нелінійного програмування з умовами. Вона має наступний вигляд:

$$C(T_0) = C_0 \left(\frac{1}{T_0} \right) + \frac{T_0}{2} (DC_h) \rightarrow \min,$$

$$\sum_{i=1}^n w_i D_i T_0 \leq V,$$

$$\sum_{i=1}^n z_i D_i T_0 \leq S,$$

$$T_0 > 0,$$

де D_i – споживання i -го товару у період;

T_0 – інтервал повторного замовлення;

C_{hi} – витрати на зберігання одиниці i -го товару (залежить від товару);

C_0 – накладні витрати однієї поставки (загальні для партії замовлення);

$1/T_0$ – щоперіодна кількість поставок (де T_0 – місяць, рік);

w_i – вартість одиниці i -го товару;

V – сума коштів, якими володіє підприємство;

z_i – обсяг, який займає одиниця i -го товару на складі при зберіганні;

S – максимальний обсяг складських приміщень підприємства.

Таку задачу будемо вирішувати за допомогою методу невизначених множників Лагранжа [3]. Для того, щоб отримати функцію Лагранжа, додамо вирази обмежень до цільової функції задачі нелінійного програмування. Отримаємо наступну оптимізаційну задачу:

$$C(T_0) = C_0 \left(\frac{1}{T_0} \right) + \frac{T_0}{2} (\mathbf{DC}_h) + \lambda_1 \left(\sum_{i=1}^n w_i D_i T_0 - V \right) + \lambda_2 \left(\sum_{i=1}^n z_i D_i T_0 - S \right) \rightarrow \min,$$

$$T_0 > 0.$$

Ця задача зводиться до вирішення системи нелінійних рівнянь наступним чином:

$$\begin{cases} \frac{\partial C(T_0)}{\partial T_0} = \frac{\mathbf{DC}_h}{2} + \lambda_1 \mathbf{wD} + \lambda_2 \mathbf{zD} - \frac{C_0}{T_0^2} = 0 \\ \frac{\partial C(T_0)}{\partial \lambda_1} = \sum_{i=1}^n w_i D_i T_0 - V = 0 \\ \frac{\partial C(T_0)}{\partial \lambda_2} = \sum_{i=1}^n z_i D_i T_0 - S = 0 \end{cases}.$$

Знайшовши корені системи рівнянь за допомогою методу простих ітерацій [4], зможемо визначити обсяги замовлення i -го товару за наступною формулою:

$$q_i^* = D_i \sqrt{\frac{2C_0}{\mathbf{DC}_h + 2\lambda_1 \mathbf{wD} + 2\lambda_2 \mathbf{zD}}} = D_i T_0.$$

Відзначимо, що суттєвим недоліком є те, що результати, які можна отримати, вирішивши задачу нелінійного програмування не є цілочисельними. Цей факт не відповідає положенням предметної області – кількість поставок за період $1/T_0$ повинна бути цілою величиною. Скористаємося методом гілок та меж [4], який дозволяє вирішувати задачі цілочисельного програмування. Продемонструємо графічну інтерпретацію вирішення задачі методом гілок та меж (рис. 2).

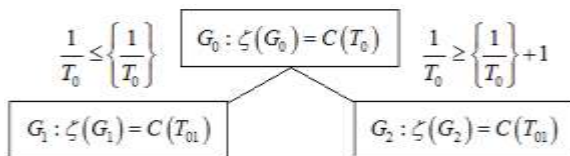


Рис. 2 – Графічна інтерпретація вирішення задачі методом гілок та меж

На наведеному рисунку $\left\{ 1/T_0 \right\}$ – ціла частина значення $1/T_0$. Вирішується вихідна задача на множині G_1 та знаходиться оптимальне значення $1/T_{01}$. Відповідно вирішується вихідна задача на множині G_2 та

знаходиться оптимальне значення $1/T_{02}$. Обчислюються оцінки $\xi(G_1) = C(T_{01})$ та $\xi(G_2) = C(T_{02})$. Перевіряється ознака оптимальності. Якщо $1/T_{01}$ – цілочисельне значення та $\xi(G_1) = \min\{\xi(G_1), \xi(G_2)\}$, то $1/T_{01}$ – оптимальна кількість поставок за період. Якщо ж $1/T_{02}$ – цілочисельне значення та $\xi(G_2) = \min\{\xi(G_1), \xi(G_2)\}$, то $1/T_{02}$ – оптимальна кількість поставок за період. Значення оптимальних обсягів замовлення товару будемо приймати як $q_i = \{D_i T_0\}$, де $\{D_i T_0\}$ – ціла частина значення $D_i T_0$.

На основі порівняння отриманих за допомогою вирішення наведеної вище оптимізаційної задачі планових показників процесів постачання продукції з фактичними показниками, можуть бути визначені пріоритети бізнес-процесів – які процеси повинні бути удосконалені у першу чергу. Для цього пропонується застосувати метод аналізу ієрархії (MAI) [5]. За допомогою експертних оцінок формується матриця парних порівнянь бізнес-процесів:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & \dots \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

де n – кількість аналізованих бізнес-процесів;

a_{ij} – оцінка показує, у скільки разів процес i важливіший за процес j .

Здійснюючи процедуру MAI, можемо визначити коефіцієнти пріоритетності для кожного бізнес-процесу з метою вибору бізнес-процесів для удосконалення:

$$x_i = \frac{\sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots}}$$

де n – кількість аналізованих бізнес-процесів.

Розробка програмного забезпечення для вирішення поставленої задачі. Вирішення поставленої задачі являє собою трудомісткий з точки зору обчислень процес. Отже, така задача не може бути вирішена без використання сучасних інформаційних технологій. Для вирішення поставленої задачі необхідно розробити базу даних, програмні засоби для роботи з розробленою базою даних, та програмні засоби, що реалізують відповідне математичне та алгоритмічне забезпечення. Базу даних було реалізовано згідно з розробленою моделлю даних (рис. 3).

Для реалізації бази даних було використано систему управління базами даних MySQL. Програмне забезпечення розроблене за допомогою мови програмування PHP та веб-серверу Apache. Основною перевагою використання розробленого веб-додатку є відсутність необхідності встановлення додаткового клієнтського програмного забезпечення на комп'ютер користувача – достатньо мати звичайний веб-браузер.

Контрольні розрахунки та аналіз отриманих результатів. В якості вихідних даних для вирішення поставленої задачі були використані дані за 2009 рік, які відображають діяльність торгівельного підприємства щодо постачання та збуту автомобільних запасних частин та витратних матеріалів. Проведемо чисельні експерименти з розрахунку показників постачання для першого кварталу 2009 року. Бізнес-процеси постачання та розраховані за допомогою розробленого програмного забезпечення відповідні до них показники наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Розраховані показники постачання

Бізнес-процес	Показник бізнес-процесу	План	Факт	Відхилення, %
Складання графіка поставок товару	Витрати на складання графіка поставок товару <i>CoSS</i>	161.19	136.34	-15.42
	Інтервал між поставками T_0	0.14	0.17	+21.43
Отримання продукції	Витрати на отримання продукції <i>CoRS</i>	349.26	295.40	-15.42
	Відсоток вчасних поставок $OST_{\%}$	100	82.35	-17.65
Перевірка продукції	Витрати на перевірку продукції <i>CoVS</i>	134.33	113.61	-15.42
Перевезення продукції	Витрати на перевезення продукції <i>CoTS</i>	617.91	522.62	-15.42
	Відсоток вчасних поставок $OST_{\%}$	100	82.35	-17.65
Дозвіл виплати постачальнику	Витрати на дозвіл виплати постачальнику <i>CoASP</i>	80.60	68.17	-15.42

На основі аналізу відхилень показників, наведених у таблиці 1, за допомогою розробленого програмного забезпечення шляхом експертного оцінювання була сформована матриця парних порівнянь \mathbf{W} . Елементи w_{ij} матриці \mathbf{W} визначають, в якій мірі бізнес-процес i переважає над бізнес-процесом j у потребі проведення його удосконалення. Матриця парних порівнянь бізнес-процесів має наступний вигляд:

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 1 & 7 & 7 & 7 & 5 \\ 1/7 & 1 & 3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 1/3 & 1 \\ 1/7 & 1 & 3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}$$

На основі сформованої матриці **W** за допомогою розробленого програмного забезпечення були розраховані пріоритети бізнес-процесів, визначених у таблиці 1. Ці пріоритети наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Розраховані пріоритети бізнес-процесів

Бізнес-процес	Пріоритет бізнес-процесу
Складання графіка поставок товару	0,60
Отримання продукції	0,14
Перевірка продукції	0,14
Перевезення продукції	0,06
Дозвіл виплати постачальнику	0,06



Рис. 4 – Поточний стан бізнес-процесу

Виходячи з отриманих результатів, визначимо, що першочерговим для удосконалення є бізнес-процес «Складання графіка поставок товару». Обраний бізнес-процес є стандартним процесом другого рівня референтної моделі SCOR. Відповідно до моделі SCOR він складається з наступних робіт (рис. 4). Оскільки вирішення задачі визначення оптимального обсягу замовлення продукції дозволяє звести до мінімуму логістичні витрати, визначити оптимальну кількість поставок та оптимальні обсяги товарів, до обраного процесу буде доцільним включити роботу «Застосування моделі оптимального обсягу замовлення продукції» (рис. 5).



Рис. 5 – Рекомендовані зміни у структурі бізнес-процесу

Висновки. У представленій роботі було розглянуто один з підходів до формування рекомендацій щодо удосконалення бізнес-процесів, пов'язаних з постачанням продукції. Для вирішення поставленої задачі було розроблено математичне та алгоритмічне забезпечення, базу даних, програмні засоби для роботи з розробленою базою даних, та програмні засоби, що реалізують відповідне математичне та алгоритмічне забезпечення. За допомогою розробленого програмного забезпечення були проведені контрольні розрахунки. На основі аналізу результатів розрахунків, отриманих за допомогою розробленого програмного забезпечення, були сформовані рекомендації щодо удосконалення бізнес-процесів постачання торговельного підприємства.

Список літератури: 1. Сергеев В. И. Проектирование цепей поставок на основе референтной модели операций в цепях поставок / В. И. Сергеев, Т. В. Левина. – М. : Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2013. – 29 с. 2. Bolstorff P. Supply Chain Excellence: A Handbook for Dramatic Improvement Using the SCOR Model. – AMACOM Div American Mgmt Assn, 2007. – 277 с. 3. Александрович В. М. Управление запасами и планирование снабжения. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2005. – 225 с. 4. Копина В. И. Численные методы линейной и нелинейной алгебры / В. И. Копина, А. И. Вельмисова. – Саратов: Изд-во Сарат. гос. ун-та, 2011. – 35 с. 5. Хомяков В. И. Менеджмент підприємства. – К. : Кондор, 2009. – 434 с.

Bibliography (transliterated): 1. Serheev, V. Y., and T. V. Levyna. *Proektyrovanye tsepey postavok na osnove referentnoy modeli operatsyy v tsepyakh postavok*. Moscow: National research university "High school of economy", 2013. Print. 2. Bolstorff, P. *Supply Chain Excellence: A Handbook for Dramatic Improvement Using the SCOR Model*. AMACOM Div American Mgmt Assn, 2007. Print. 3. Aleksandrovich, V. M. *Upravlenie zapasami i planirovanie snabzhenija*. Bijsk: Publishing of Altay State Tech. Univ., 2005. Print. 4. Kopina, V. I., and A. I. Vel'misova. *Chislennye metody linejnoy i nelinejnoy algebrы*. Saratov: Publishing of Saratov State Univ., 2011. Print. 5. Khomyakov, V. I. *Menedzhennt pidpryyemstva*. Kyiv: Condor, 2009. Print.

Надійшла (received) 27.09.2014

І. О. БОЧАРНИКОВ, студент НТУ «ХПІ»;
Д. Л. ОРЛОВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПІ»

РОЗПІЗНАВАННЯ СТАНУ ФУТБОЛЬНОГО КЛУБУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗБАЛАНСОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ

Пропонуються підхід до вирішення задачі розпізнавання стану футбольного клубу, на основі здобутої у результаті збору статистичної інформації по ключовим показникам ефективності діяльності футбольного клубу. Виділені ключові показники діяльності, які притаманні футбольному клубу, розроблена база даних для збереження та обробки статистичних даних, зроблено висновок щодо стану футбольного клубу.

Ключові слова: розпізнавання стану, збалансована система показників, база даних, проблемна ситуація, футбольний клуб, показники діяльності, ситуаційне управління, програмне забезпечення.

Вступ. Сьогодні футбол є найпопулярнішим видом спорту серед населення всієї планети, тому не дивно, що він постійно розвивається. Розвивається та ускладнюється система змагань, підвищується рівень вимог щодо функціонування футбольного клубу(ФК), ускладнюється структура футбольного клубу. В цій статті розглянемо функціонування футбольного клубу як окремого виду підприємства. Сучасний футбольний клуб представляє собою дуже складну, багаторівневу систему. Для ефективного управління такою системою необхідні великі витрати фінансових, трудових, інформаційних та інших ресурсів. Виявлення проблемних ситуацій та визначення стану футбольного клубу є одними з найважливіших аспектів ефективного управління футбольним клубом.

Постановка задачі. Зараз дійсно велике значення приділяють ефективному управлінню підприємствами. Без засобів автоматизації таке управління, в сучасних умовах, неможливо реалізувати. Особливо це стосується футбольних клубів, які мають багаторівневу модель управління. Людина не зможе водночас слідкувати за усіма характеристиками діяльності футбольного клубу та визначати стан футбольного клубу зважаючи на усі показники діяльності. Отже необхідним є автоматизувати усі ці процеси для ефективного управління. Для цього треба розглянути особливості футбольного клубу як об'єкта управління. Футбольний клуб розглядається як окремий вид підприємства. Це можна побачити після виділення ключових показників ефективності діяльності футбольного клубу, що характеризують успішність або неуспішність розвитку футбольного клубу як підприємства. Визначення проблемних ситуацій та стану футбольного клубу на визначеному проміжку часу є однією з найважливіших складових ефективного управління футбольним клубом. Проблемною ситуацією будемо

називати суттєве відхилення значень одного, або декількох показників ефективності діяльності підприємства від запланованого.

Застосування збалансованої системи показників для управління футбольним клубом. На початку 90-х років минулого століття Девідом Нортоном (David Norton) та Робертом Капланом (Robert Kaplan) було запропоновано схему, яка за ідеєю мала передбачати як зв'язок стратегічних і тактичних планів, так і інтеграцію з підсистемами управління підприємством. Ця схема була названа авторами терміном Balanced Scorecard. Згідно з Р. Капланом і Д. Нортоном, Balanced Scorecard розглядається в чотирьох взаємозв'язаних головних складових: фінансової, клієнтської, внутрішньої і складової навчання й розвитку: фінансова, клієнтська, внутрішня, навчання і розвиток. Фінансова описує матеріальні результати реалізації стратегії за допомогою традиційних фінансових понять; цілі фінансової складової – економічні підсумки успішної стратегії (зростання доходів і прибутку, а також продуктивність). При формулюванні клієнтської складової стратегічної карти менеджери визначають цільові сегменти споживчого ринку, у яких конкурує даний бізнес підрозділ та показники результатів його діяльності з погляду клієнтів. Внутрішня відповідає за дві життєво важливих компоненти стратегії: розробка й надання клієнтові пропозиції цінності та удосконалення процесів і скорочення витрат як засобу підвищення продуктивності у фінансовій складовій. Навчання й розвиток відбиває ті нематеріальні активи, які є найбільш важливими для стратегії. В якості цілей для даної складової встановлюють види діяльності (людський капітал), системи (інформаційний капітал) і моральний клімат (організаційний капітал), необхідні для підтримки процесів створення вартості. Цілі чотирьох складових зв'язані один з одним причинно-наслідковими відносинами [5]. Усе починається з гіпотези про те, що фінансові результати можуть бути отримані тільки в тому випадку, якщо задоволено цільову групу клієнтів. Розглядаючи дану предметну область, кожен з індикаторів системи Key Performance Indicators, для оцінки діяльності футбольного клубу, можна відповідно віднести до однієї з чотирьох груп збалансованої системи показників. На основі існуючих даних була розроблена збалансована система показників діяльності підприємства з урахуванням особливостей футбольного клубу. Така схема представлена на рис. 1.

Застосування методів ситуаційного менеджменту для управління футбольним клубом. Сучасний погляд на управління організаціями концентрує свою увагу на ситуаційних різницях між організаціями і всередині самих організацій. Такий ситуаційний погляд відповідає відображенню реальних обставин ринкової економіки, яка відчуває прояв нових, раніше незнаних явищ та труднощів, з якими стикаються як окремі організації, так і цілі галузі та сфери економіки. Тому для реалізації нових закономірностей управління та вироблення найбільш придатних до нових конкретних ситуацій рішень використовують ситуаційний підхід —

імовірний, залежний від випадків, обставин, від ситуацій спосіб мислення про організаційні проблеми та їх вирішення, у рамках якого сформувався концепція ситуаційного управління.

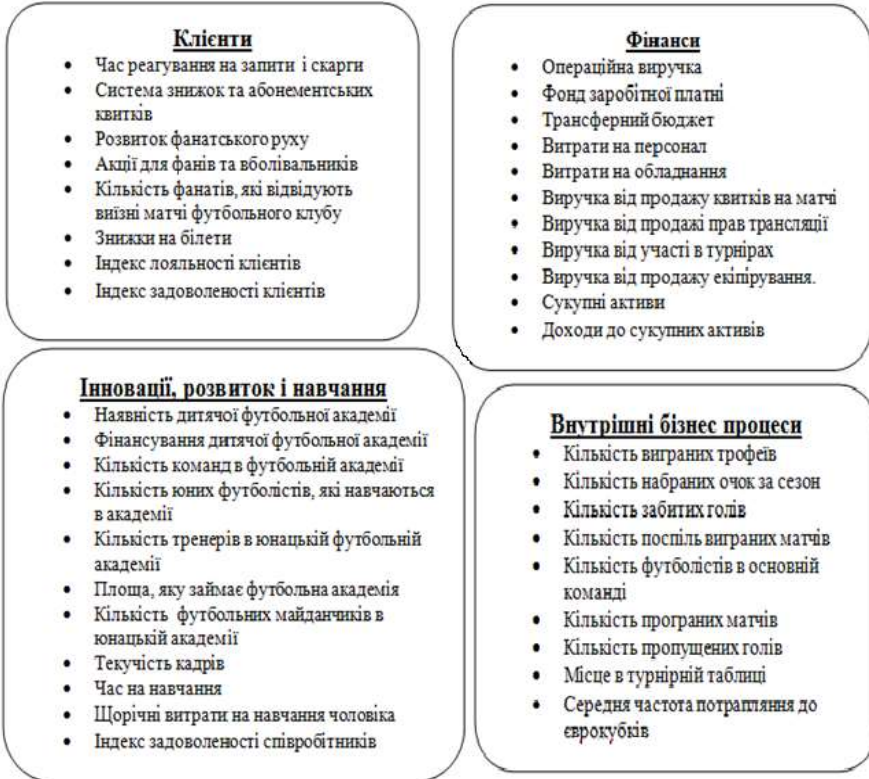


Рис. 1 – Збалансована система показників з урахуванням особливостей ФК.

Ситуаційне управління характеризується прийняттям управлінським персоналом рішень у ситуації, яка реально склалася або складається. Ситуаційний підхід визнає, що хоча управлінський процес однаковий, специфічні прийоми, які повинен використовувати керівник для ефективного досягнення цілей організації, можуть значною мірою відрізнятися. Він намагається пов'язати конкретні прийоми і концепції управління з певними ситуаціями для того, щоб досягти цілей організації найефективніше. Центральним моментом ситуаційного підходу є ситуація, тобто конкретний набір обставин, які сильно впливають на організацію в певний конкретний момент часу [4]. Загальна схема ситуаційного менеджменту представлена на рис. 2.



Рис. 2 – Загальна схема ситуаційного менеджменту

При визначенні проблемних ситуацій та стану ФК дії дослідників співпадають з діями аналізатора в загальній схемі ситуаційного менеджменту. Розглянемо дії аналізатора докладніше. Опис поточної ситуації, яка склалася на об'єкті управління, подається на вхід аналізатора. Його задача складається в оцінці повідомлення і визначення необхідності втручання системи управління в процес, який протікає в об'єкті управління. Якщо поточна ситуація не потребує такого втручання, то аналізатор не передає її на подальшу обробку. В протилежному випадку опис поточної ситуації поступає до класифікатора. Класифікатор відносить поточну ситуацію до одного чи кількох класів, яким відповідають однокрокові рішення. Ця інформація передається до корелятора, який повинен обрати одне з логіко-трансформаційних правил, яке повинно використовуватись. Якщо таке правило єдине, то воно видається для виконання, але якщо таких правил декілька, то вибір кращого з них виконується після обробки попередніх рішень в екстраполяторі, після чого корелятор видає рішення про вплив на об'єкт. Якщо корелятор або класифікатор не можуть прийняти рішення, то спрацьовує блок випадкового вибору і вибирається одне із впливів, яке має не надто великий вплив на об'єкт, або ж система відмовляється на будь-який вплив на об'єкт. Це вказує на те, що в системі управління немає необхідної інформації про свою поведінку в даній ситуації. Тобто аналізатор визначає чи є ситуація що склалася проблемною.

Визначення стану футбольного клубу та за допомогою показників діяльності та їх траєкторії. Як було зазначено вище, проблемною ситуацією називається суттєве відхилення значень показника діяльності від запланованих значень. Для більш наочного відображення процесу виявлення проблемних ситуацій застосовують графіки. На таких графіках відображають планову траєкторію, її обмеження, фактичну, тобто ту, яка складається на даний момент часу. Також на таких графіках відображають прогнозні

траєкторії, вихід яких за обмеження планової може казати про наближення проблемної ситуації в майбутній проміжок часу. Приклад такого графіка представлений на рис. 3. Всі ці траєкторії будуються на основі даних про показники ефективності діяльності ФК.

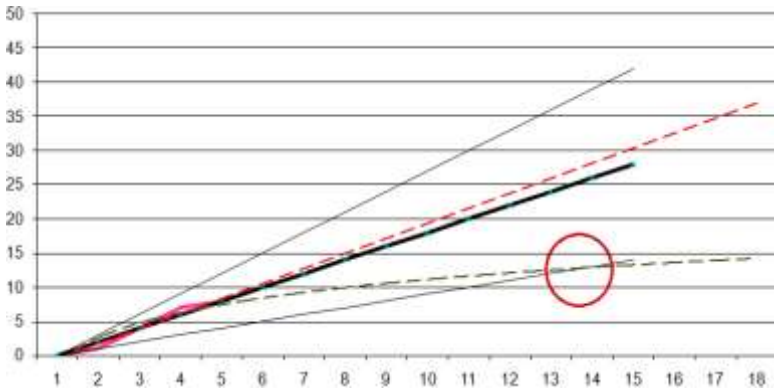


Рис. 3 – Графічна інтерпретація визначення проблемної ситуації

Під несприятливим явищем або явищами в діяльності ФК можна розуміти будь-яку проблемну ситуацію, викликану як зовнішніми факторами, так і чинниками внутрішньо фірмового середовища, яка прямо загрожує існуванню конкретного ФК. Причини, які провокують несприятливі зміни позиції ФК, можуть бути різними і їх може бути безліч, проте результати їх впливу багато в чому схожі. Симптоми впливу несприятливих явищ, як правило, одні і ті ж: зниження ліквідності, втрата прибутковості, фінансової стійкості, зростання витрат, зменшення частки ринку, падіння конкурентного статусу і т.д. Внаслідок сильного зв'язку між показниками діяльності, що визначають економічне благополуччя ФК, погіршення одного з показників функціонування ФК тягне за собою негайне негативне зміна безлічі інших, результатом чого є негайне лавиноподібне падіння позицій ФК, зниження рівня його прибутковості на ринку. Ця ситуація, що супроводжується послідовним ослабленням ознак конкурентної переваги ФК, називається ефектом падаючого доміно. Такий приблизно загальний механізм настання кризи (кризового стану) ФК, та підприємства в цілому. Взагалі поняття кризи є узагальненою характеристикою будь-яких несприятливих явищ, з якими стикається ФК. Криза - це економічна категорія, що відображає загальний несприятливий результат діяльності ФК (підприємства) на певний період часу за багатьма показниками. Діагностика стану ФК – це прийняття двоальтернативного рішення про наявність чи відсутність кризової ситуації в ФК, виходячи зі значень показників діяльності.

Математичне забезпечення вирішення задачі розпізнавання стану футбольного клубу. У загальному вигляді можна вважати, що

досліджуваний ФК може приймати одне з двох взаємовиключних станів: S_1 – нормальне і S_2 – кризове. Розпізнавання являє собою необхідність відношення невідомого стану що спостерігається, заданого сукупністю X_n спостережень над його ознаками X_1, X_2, \dots, X_p ,

$$\bar{X}_n = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{p1} & X_{p2} & \dots & X_{pn} \end{pmatrix},$$

до одного з двох взаємовиключних станів S_1 або S_2 . Кожний стовбець

$$\bar{x}_i = \begin{pmatrix} x_{1i} \\ x_{2i} \\ \dots \\ x_{pi} \end{pmatrix} = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{pi})^T, i = 1, 2, \dots, n, \text{ матриці } \bar{X}_n \text{ являє собою } p\text{-мірний}$$

вектор спостережуваних значень p ознак X_1, X_2, \dots, X_p відображуваних найбільш важливі для розпізнавання властивості. Набір ознак p , зазвичай, є однаковим для всіх розпізнаваних класів S_1, S_2 . Якщо кожний клас S_1 і S_2 описується своїм набором ознак, то задача розпізнавання стає тривіальною, оскільки однозначне віднесення наявної сукупності спостережень до певного класу легко здійснюється по набору складових її ознак. Таким чином, розглядається задача приналежності спостережуваного стану до одного з двох класів S_1, S_2 , описуваних однаковим для всіх класів набором ознак X_1, X_2, \dots, X_p . При цьому відмінність між класами буде виявлятися тільки в тому, що в різних об'єктів одні й ті ж ознаки будуть мати різні характеристики (кількісні, якісні та інші), і для будь-якого набору ознак X_1, X_2, \dots, X_p можна задати правила, згідно з якими двом класам S_1 і S_2 ставиться у відповідність вектор d_{12} :

$$d_{12} = \begin{vmatrix} d_1^{12} \\ \dots \\ d_p^{12} \end{vmatrix},$$

що складається із p скалярів, що називаються міжкласовими відстанями, і виражають ступінь відмінності у цих класів характеристик даних ознак. Вибір оптимального вирішального правила, що дозволяє найкращим чином відносити контрольну вибірку спостережень до одного з взаємовиключних класів S_1 та S_2 , проводиться в відповідності з теорією статистичних рішень [1, 2, 3] з використанням характеристик, отриманих в процесі навчання. У рамках цієї теорії всі види вирішальних правил засновані на формуванні ставлення правдоподібності L (або його логарифма $\ln l$) і його

порівнянні з певним порогом C (або $\ln C$) (значення якого визначається обраним критерієм якості [2, 3]):

$$\hat{L}(x) = \frac{\hat{w}(x | S_1)}{\hat{w}(x | S_2)} > \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \quad \ln \hat{L}(x) = \frac{\hat{w}(x | S_1)}{\hat{w}(x | S_2)} > 0$$

де $w_n(x_1, x_2, \dots, x_n | S_j)$ - умовна спільна щільність ймовірності векторів вибірових значень x_1, x_2, \dots, x_n (функція правдоподібності) за умови їх приналежності до класу $S_j, j = 1, 2$. Однак якщо в теорії статистичних рішень зазначені щільності $w_n(x_1, x_2, \dots, x_n | S_j)$ є апіорно відомими, то в статистичному розпізнаванні вони в принципі не відомі, внаслідок чого в вирішальне правило підставляються не власне щільності ймовірності $w_n(x_1, x_2, \dots, x_n | S_j)$, а їх оцінки $\hat{w}_n(x_1, x_2, \dots, x_n | S_j)$, одержувані в процесі навчання, тому в вирішальному правилі з порогом C порівнюється вже не саме відношення правдоподібності L , а його оцінка \hat{L} :

$$\hat{L} = \frac{\hat{w}_n(x_1, x_2, \dots, x_n | S_1)}{\hat{w}_n(x_1, x_2, \dots, x_n | S_2)} > \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$$

При $L \geq C$ приймається рішення γ_1 : контрольна вибірка належить класу S_1 , в іншому випадку (при $L < C$) вона вважається, що належить класу S_2 і, виходячи з цього, приймається рішення γ_2 .

Розробка прикладного програмного забезпечення для підтримки прийняття рішень щодо визначення стану футбольного клубу. В сучасних умовах вирішення схожих задач є практично неможливим. Це пояснюється величезними обсягами інформації що обробляється. Для полегшення вирішення задачі розпізнавання стану футбольного клубу необхідно реалізувати базу даних, яка б зберігала та оброблювала всю необхідну статистичну інформацію. В базі даних також зберігатиметься вся інформація про футбольний клуб і його показники ефективності діяльності, значення яких використовуватимуться в ході реалізації алгоритму визначення стану футбольного клубу. Модель даних такої бази даних представлена на рис. 4. Розроблене програмне забезпечення повністю орієнтоване на кінцевого користувача та забезпечує роботу з розробленою базою даних. За допомогою програмного забезпечення користувач може переглядати, корегувати, видаляти, додавати необхідні дані до бази даних.

Таблиця 1 – Дані про показники діяльності футбольного клубу

Показники діяльності	(S ₁) успішні ФК		(S ₂) кризові ФК		Досліджуваний ФК	
	ФК «А»	ФК «В»	ФК «С»	ФК «D»	ФК «Е»	«Z»
Об'єм реалізації квитків за рік, тис. грн	4815,4	3276,6	3865,3	4051,4	2522,3	4473,1
Прибуток від реалізації клубної символіки, млн. грн	755,3	181,1	622,8	341,0	61,8	693,2
Витрати на трансфери, тис. грн	566,2	3391,9	948,1	398,4	646,2	1111,6

Висновки. У представленій роботі був розглянутий один з підходів до визначення стану підприємства, зокрема футбольного клубу. Для реалізації такого підходу було розроблено прикладне програмне забезпечення та база даних, були виділені показники ефективності діяльності футбольного клубу, які відображають його особливості та вирізняють футбольний клуб серед інших підприємств.

Список літератури: 1. Фомин Я. А. Статистическая теория распознавания образов / Я. А. Фомин, Г. Р. Тарловский – М. : Радио и связь, 1986. 2. Мескон М. Основы менеджмента. / М. Мескон, М Альберт, Ф. Хедоури – М. : Дело, 1998. 3. Фомин Я. А. Статистическая теория распознавания образов. / Я. А. Фомин, Г. Р. Тарловский – М. : Радио и связь, 1986. 4. Стратегічне та ситуаційне управління – Режим доступу : <http://safari-perm.ru/teoriya-ta-istoriya-derzhavnogo-upravlinnya/40-strategichne-ta-situacijne-upravlinnya.html>. – Дата звертання 21 січня 2014. 5. Каплан Р. Стратегические карты. Трансформация нематериальных активов в материальные результаты / Роберт С. Каплан, Дейвид П. Нортон : Пер. с англ. – М. : ЗАО Олимп-Бизнес, 2004. – ISBN : 978-5-9693-0101-6 – 512 с.

Bibliography (transliterated): 1. Fomin Ja. A., Tarlovskij G. P. *Statisticheskaja teorija raspoznavanija obrazov*. Moscow: Radio i svjaz', 1986. Print. 2. Meskon M, Al'bert M, Hedouri F. *Osnovy menedzhmenta*. Moscow: Delo, 1998. Print. 3. Fomin Ja. A., Tarlovskij G. P. *Statisticheskaja teorija raspoznavanija obrazov*. Moscow: Radio i svjaz', 1986. Print. 4. "Strategichne ta situacijne upravlinnja", 2014. Web. 21 January 2014 <<http://safari-perm.ru/teoriya-ta-istoriya-derzhavnogo-upravlinnya/40-strategichne-ta-situacijne-upravlinnya.html>>. 5. Kaplan R. *Strategicheskie karty. Transformacija nematerial'nyh aktivov v material'nye rezul'taty*. Moscow: ZAO Olimp-Biznes, 2004. Print.

Надійшло (received) 05.05.2014

ЯМЕН ХАЗИМ, асп. НТУ "ХПИ";
В. А. ГОЛОВКО, асп. НТУ "ХПИ";
М. Н. СТАРОВА, асп. НТУ "ХПИ"

РЕКУРРЕНТНЫЙ МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ОБРАБОТКИ НЕЧЕТКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Проведен анализ традиционного подхода к задаче обработки временного ряда. Сформированы его недостатки, связанные с необходимостью хранения непрерывно пополняемого массива измерений и неучетом различной полезности «старых» и «свежих» измерений. Обосновано применение рекуррентного варианта метода наименьших квадратов. Предложена процедура реализации рекуррентной обработки измерений для случая, когда они заданы нечетко. Определена функция принадлежности нечеткого результата оценки параметров временного ряда.

Ключевые слова: метод наименьших квадратов, рекуррентная обработка, нечеткие измерения

Введение. При решении многочисленных задач статистической обработки измерений обычно исходят из того, что механизм возникновения ошибок измерений сводится к суммированию большого числа элементарных ошибок, зависящих от множества плохо контролируемых и приблизительно одинаково влияющих факторов, приводящему к допущению о нормальном законе распределения ошибок [1–3]. Применение метода максимума правдоподобия для решения задач оценивания параметров в этих условиях, в свою очередь, приводит к определенной вычислительной схеме-методу наименьших квадратов (МНК) [4, 5]. Эта схема определяет одну из самых простых процедур оценивания, которую можно применять и в тех случаях, когда ошибки измерений не обязательно распределены нормально. При этом стандартная технология МНК обычно предусматривает одновременную обработку всех полученных измерений, что делать не всегда удобно, а в некоторых случаях просто не целесообразно по следующим причинам.

1. Обработка всех измерений одновременно требует хранения непрерывно пополняемого массива измерений, что приводит к увеличению объема обрабатываемых данных и усложнению процедуры обработки.
2. При решении многих задач типичным является феномен «устаревания» ранних измерений (например, в задачах слежения), приводящий к увеличению полезности «свежих» измерений. Это обстоятельство проявляет себя в особенности демонстративно, когда результаты измерения наблюдаемого объекта появляются не все сразу, а постепенно, по мере проведения измерений.

По этим причинам возникает необходимость трансформировать стандартные соотношения МНК таким образом, чтобы они имели рекуррентный характер, то есть позволяли бы рассчитывать оценки параметров на очередном шаге (после очередного измерения) через оценки, полученные на предыдущем шаге, и измерение, сделанное на очередном шаге.

Пусть значение контролируемой переменной во времени описывается моделью

$$y(t) = a_0 + a_1 t + \dots + a_d t^d. \quad (1)$$

Введем следующие обозначения:

$\mathbf{A} = (a_0 \ a_1 \ \dots \ a_d)^T$ – вектор параметров модели (1);

y_{n+1} – измеренное значение контролируемой переменной в момент времени t_{n+1} ;

$\tilde{y}_{n+1} = \sum_{i=0}^d a_i t_i^d$ – предсказываемое моделью (1) значение контролируемой

переменной в тот же момент времени;

$\mathbf{h}_{n+1} = (1 \ t_{n+1} \ t_{n+1}^2 \ \dots \ t_{n+1}^d)$ – вектор пересчета значений параметров модели (1) в значение контролируемой переменной (оператор экстраполяции значения контролируемой переменной на момент t_{n+1});

$\mathbf{Y}_n = (y_1 \ y_2 \ \dots \ y_n)$ – вектор измерений, полученных в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n ;

$\mathbf{H}_n = \begin{pmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 & \dots & t_1^d \\ 1 & t_2 & t_2^2 & \dots & t_2^d \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & t_n & t_n^2 & \dots & t_n^d \end{pmatrix}$ – матрица линейного преобразования

значений параметров модели в значения контролируемых переменных в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n .

Тогда

$$y_{n+1} = \sum_{i=0}^d a_i t_{n+1}^i = h_{n+1} \mathbf{A}, \quad \mathbf{Y}_{n+1} = \begin{pmatrix} Y_n \\ y_{n+1} \end{pmatrix}, \quad \tilde{\mathbf{Y}}_{n+1} = \begin{pmatrix} \tilde{Y}_n \\ \tilde{y}_{n+1} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{H}_{n+1} = \begin{pmatrix} H_n \\ h_{n+1} \end{pmatrix}.$$

В соответствии с стандартным МНК оценка компонентов вектора \hat{A}_{n+1} по результатам измерений, образующих вектор \mathbf{Y}_{n+1} , имеет вид [4, 5]

$$\hat{A}_{n+1} = (H_{n+1}^T H_{n+1})^{-1} H_{n+1}^T Y_{n+1}. \quad (2)$$

При этом $(H_{n+1}^T H_{n+1})^{-1} = \left\{ \begin{pmatrix} H_n^T & h_{n+1}^T \\ H_n^T & h_{n+1}^T \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_n \\ h_{n+1} \end{pmatrix} \right\}^{-1} = (H_n^T H_n + h_{n+1}^T h_{n+1})^{-1}$.

Введем

$$P_n^{-1} = H_n^T H_n.$$

Тогда

$$P_{n+1}^{-1} = H_{n+1}^T H_{n+1} = H_n^T H_n + h_{n+1}^T h_{n+1} = P_n^{-1} + h_{n+1}^T h_{n+1}. \quad (3)$$

Используем лемму об обращении матриц, в соответствии с которой [6, 7]

$$(B + CC^T)^{-1} = B^{-1} - B^{-1}C(C^T B^{-1}C + 1)^{-1}C^T B^{-1}.$$

Поэтому

$$P_{n+1} = (P_n^{-1} + h_{n+1}^T h_{n+1})^{-1} = P_n - P_n h_{n+1}^T (h_{n+1} P_n h_{n+1}^T + 1)^{-1} h_{n+1} P_n. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (2), получим

$$\begin{aligned} \hat{A}_{n+1} &= P_{n+1} \begin{pmatrix} H_n^T & h_{n+1}^T \\ H_n^T & h_{n+1}^T \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_n \\ y_{n+1} \end{pmatrix} = P_{n+1} (H_n^T Y_n + h_{n+1}^T y_{n+1}) = \\ &= P_n H_n^T Y_n + P_n h_{n+1}^T y_{n+1} - P_n h_{n+1}^T (h_{n+1} P_n h_{n+1}^T + 1)^{-1} h_{n+1} P_n \times \\ &\times (H_n^T Y_n + h_{n+1}^T y_{n+1}) = \hat{A}_n + P_n h_{n+1}^T (h_{n+1} P_n h_{n+1}^T + 1)^{-1} \times \\ &\times (y_{n+1} - h_{n+1} \hat{A}_n) = \hat{A}_n + B_n (y_{n+1} - y_{n+1}^*), \end{aligned} \quad (5)$$

где $B_n = (h_{n+1} P_n h_{n+1}^T + 1)^{-1} P_n h_{n+1}^T$ – вектор-столбец весовых коэффициентов, не зависящий от результатов измерений.

Рекуррентная процедура (2) – (5) работает, начиная с $(d+2)$ -го измерения. Начальные матрицы $P_{d+1} = (H_{d+1}^T H_{d+1})^{-1}$ и вектор $A_{d+1} = P_{d+1} H_{d+1}^T Y_{d+1}$ получают с использованием стандартных соотношений метода наименьших квадратов.

Постановка задачи. Ситуация усложняется, если измерения выполняются в условиях неопределенности, описываемой, например, в терминах нечеткой математики. Сформулируем задачу построения

процедуры, реализующей рекуррентный МНК в условиях, когда измерения заданы нечетко.

Основные результаты. Пусть измерение y_j описывается нечетким числом $(L-R)$ -типа с функцией принадлежности [8, 9]

$$\mu(y_j) = \begin{cases} L \left(\frac{y_j^0 - y_j}{\alpha_j} \right), & y_j \leq y_j^0, \\ R \left(\frac{y_j - y_j^0}{\beta_j} \right), & y_j > y_j^0, \end{cases}$$

где y_j^0 – мода нечеткого числа y_n , α_j и β_j – левый и правый коэффициенты нечеткости.

Тогда вектор нечетких начальных значений набора параметров уравнения регрессии (1) может быть описан соответствующей совокупностью функций принадлежности, получаемых следующим образом [10].

Так как $A_{d+1} = P_{d+1} H_{d+1}^T Y_{d+1} = (H_{d+1}^T H_{d+1})^{-1} H_{d+1}^T Y_{d+1} = (g_{ij}) Y_{d+1}$, то

$$\begin{pmatrix} \mu(a_{0,d+1}) \\ \dots \\ \mu(a_{d,d+1}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu \left(\sum_{j=1}^{d+1} g_{1,j} y_j \right) \\ \dots \\ \mu \left(\sum_{j=1}^{d+1} g_{d+1,j} y_j \right) \end{pmatrix}.$$

При этом

$$\mu(a_{i,d+1}) = \mu \left(\sum_{j=1}^{d+1} g_{i,j} y_j \right) = \begin{cases} L \left(\frac{a_{i,d+1}^0 - a_{i,d+1}}{\alpha_{i,d+1}} \right), & a_{i,d+1} \leq a_{i,d+1}^0, \\ R \left(\frac{a_{i,d+1} - a_{i,d+1}^0}{\beta_{i,d+1}} \right), & a_{i,d+1} > a_{i,d+1}^0, \end{cases}$$

$$a_{i,d+1}^0 = \sum_{j=1}^{d+1} g_{ij} y_j^0, \quad \alpha_{i,d+1} = \sum_{j=1}^{d+1} g_{ij} \alpha_j, \quad \beta_{i,d+1} = \sum_{j=1}^{d+1} g_{ij} \beta_j, \quad i = 0, 1, \dots, d.$$

Далее, пусть после проведения n измерений в результате использования рекуррентной процедуры (2)-(5) получен набор функций принадлежности нечетких параметров $(\hat{a}_{0,n}, \hat{a}_{1,n}, \dots, \hat{a}_{d+1,n})$ уравнения регрессии (1). Тогда, поскольку элементы вектора B в (5) не зависят от измерений и

$$\begin{aligned} \mu(\Delta_{n+1}) &= \mu(y_{n+1} - y_{n+1}^2) = \mu\left(y_{n+1} - \sum_{i=0}^d \hat{a}_{i,n} t_{n+1}^i\right) = \\ &= \begin{cases} L\left(\frac{\Delta_{n+1}^0 - \Delta_{n+1}}{\alpha_{n+1}}\right), & \Delta_{n+1} \leq \Delta_{n+1}^0, \\ R\left(\frac{\Delta_{n+1} - \Delta_{n+1}^0}{\beta_{n+1}^\Delta}\right), & \Delta_{n+1} > \Delta_{n+1}^0, \end{cases} \end{aligned}$$

$$\Delta_{n+1}^0 = y_{n+1}^0 - \sum_{i=0}^d \hat{a}_{i,n} t_{n+1}^i, \quad \alpha_{n+1}^\Delta = \alpha_{n+1} + \sum_{i=0}^d \hat{\alpha}_{i,n} t_{n+1}^i, \quad \beta_{n+1}^\Delta = \beta_{n+1} + \sum_{i=0}^d \hat{\beta}_{i,n} t_{n+1}^i,$$

то функции принадлежности нечетких оценок параметров уравнения регрессии \hat{A}_{n+1} после $(n+1)$ -го измерения определяются соотношениями

$$\begin{pmatrix} \mu(\hat{a}_{0,n+1}) \\ \dots \\ \mu(\hat{a}_{d,n+1}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu\left(\hat{a}_{0,n} + \Delta_{n+1} \sum_{i=0}^d b_{i,n}\right) \\ \dots \\ \mu\left(\hat{a}_{d,n} + \Delta_{n+1} \sum_{i=0}^d b_{i,n}\right) \end{pmatrix}.$$

При этом

$$\mu(\hat{a}_{i,n+1}) = \begin{cases} L\left(\frac{a_{i,n+1}^0 - \hat{a}_{i,n+1}}{\alpha_{i,n+1}}\right), & \hat{a}_{i,n+1} \leq a_{i,n+1}^0, \\ R\left(\frac{\hat{a}_{i,n+1} - a_{i,n+1}^0}{\beta_{i,n+1}}\right), & \hat{a}_{i,n+1} > a_{i,n+1}^0, \end{cases}$$

$$a_{i,n+1}^0 = a_{i,n}^0 + \Delta_{n+1} \sum_{i=0}^d b_{i,n}, \quad \alpha_{i,n+1}^\Delta = \alpha_{i,n} + \alpha_{n+1}^\Delta \sum_{i=0}^d b_{i,n}, \quad \beta_{i,n+1}^\Delta = \beta_{i,n} + \beta_{n+1}^\Delta \sum_{i=0}^d b_{i,n}.$$

Определим теперь функцию принадлежности нечеткого значения переменной y на момент прогноза. Имеем

$$\mu(y_{np}) = \mu\left(\sum_{i=0}^d \hat{a}_{i,n+1} t_{np}^i\right) = \begin{cases} L\left(\frac{y_{np}^0 - y_{np}}{\alpha_{np}}\right), & y_{np} \leq y_{np}^0, \\ R\left(\frac{y_{np} - y_{np}^0}{\beta_{np}}\right), & y_{np} > y_{np}^0, \end{cases} \quad (6)$$

$$y_{np}^0 = \sum_{i=0}^d a_{i,n+1}^0 t_{np}^i, \alpha_{np} = \sum_{i=0}^d \alpha_{i,n+1} t_{np}^i, \beta_{np} = \sum_{i=0}^d \beta_{i,n+1} t_{np}^i.$$

Соотношение (6) позволяет для любого t_{np} рассчитать границы интервала, покрывающего истинное значение y_{np} с заданной степенью уверенности.

Выводы. Предложен метод прогнозирования значения переменной, уровень неопределенности которой задан функциями принадлежности набора нечетких измерений этой переменной. При этом обработка наблюдений осуществляется с использованием рекуррентного метода наименьших квадратов.

Список литературы: 1. *Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель.* – М. : Наука, 1973. – 576 с. 2. *Севастьянов Б. А. Курс теории вероятностей и математической статистики / Б. А. Севастьянов.* – М. : Наука, 1982. – 256 с. 3. *Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей / Б. В. Гнеденко.* – М. : Наука, 1988. – 448 с. 4. *Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений / Ю. В. Линник.* – М. : Физматгиз, 1962. – 352 с. 5. *Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е. И. Пустыльник.* – М. : Наука, 1968. – 288 с. 6. *Рао С. Р. Линейные статистические методы и их применения. / С. Р. Рао //:* пер. с англ. под ред. *Линника Ю. В.* – М. : Наука, 1968. – 547 с. 7. *Мудров В. И. Методы обработки измерений / В. И. Мудров, В. Л. Кушко.* – М. : Радио и связь, 1983. – 304 с. 8. *Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике / Д. Дюбуа, А. Прад:* пер. с франц. – М. : Радио и связь, 1990. – 286 с. 9. *Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман* пер. с франц. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с. 10. *Раскин Л. Г. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения / Л. Г. Раскин, О. В. Серая.* – Х. : Парус, 2008. – 352 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Venttsel, E. S. Teoriya veroyatnostey.* Moscow: Nauka, 1973. 576. Print. 2. *Sevastyanov, B. A. Kurs teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistiki.* Moscow: Nauka, 1982. 256. Print. 3. *Gnedenko, B. V. Kurs teorii veroyatnostey.* Moscow: Nauka, 1988. 448. Print. 4. *Linnik, Yu. V. Metod naimenshih kvadratov i osnovyi teorii obrabotki nablyudeniy.* Moscow: Fizmatgiz, 1962. 352. Print. 5. *Pustyl'nik E. I. Statisticheskie metody analiza i obrabotki nablyudeniy.* Moscow: Nauka, 1968. 288. Print. 6. *Rao, S. R. Lineynye statisticheskie metody i ih primeneniya.* Ed. Linnik Yu. V. Moscow: Nauka, 1968. 547. Print. 7. *Mudrov, V. I. Metody obrabotki izmereniy.* Ed. V. I. Mudrov, V. L. Kushko. Moscow: Radio i svyaz, 1983. 304. Print. 8. *Dyubua, D. Teoriya vozmozhnostey. Prilozheniya k predstavleniyu znanij v informatike.* Ed. D. Dyubua, A. Prad. Moscow: Radio i svyaz, 1990. 286. Print. 9. *Kofman A. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv.* Moscow: Radio i svyaz, 1982. 432. Print. 10. *Raskin L. G. Nchetkaya matematika. Osnovy teorii. Prilozheniya.* Ed. L. G. Raskin, O. V. Seraya. Kharkiv: Parus, 2008. 352. Print.

Поступила (received) 01.04.2014

С. А. ЛЯШЕНКО, канд. техн. наук, доц. ХНТУСХ им. П. Василенко

ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ДИФфуЗИОННОГО ОТДЕЛЕНИЯ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В работе сделан анализ процесса диффузии в сахарном производстве и определены основные показатели и параметры работы диффузионного аппарата. Для основных переменных изучаемого технологического процесса получения сока определены статистические характеристики. Получена линейная регрессионная модель диффузионного аппарата. На основании проведенного анализа сделано заключение, что впервые созданная математическая модель, в первом приближении, может быть использована для управления параметрами технологических процессов диффузионного аппарата.

Ключевые слова: сахарное производство, технологический процесс, диффузия, математическая модель, статистические данные, факторы, параметры, адекватность, уравнение регрессии.

Введение. Сахарное производство в Украине всегда занимало одно из ведущих мест в обеспечении населения продовольствием. В связи с необходимостью конкурировать в этой сфере производства с ведущими мировыми производителями сахара возникает необходимость в усовершенствовании отечественного свеклосахарного производства. Повышение эффективности сахарного производства характеризуется максимальным выходом качественной продукции и взаимосвязано с экономией энергоресурсов и безопасностью технологических процессов.

Для получения более эффективного производственного процесса, в котором используются современные средства автоматизации, необходимо уделить больше внимания вопросам АСУТП, базирующихся на использовании микропроцессорной техники и реализующих интеллектуальные и компьютерно-интегрированные системы управления сложными динамическими процессами [1].

Анализ состояния вопроса. Производство сахарной продукции – сложный технологический процесс, в котором задействовано значительное количество разнообразного оборудования. Главным производственным участком сахарного завода является диффузионное отделение, задающее режим работы и необходимый объем перерабатываемой продукции. Основным оборудованием диффузионного отделения является диффузионный аппарат, в котором изрезанную свеклу преобразуют в диффузионный сок. Выделение диффузионного сока из свекловичной стружки – один из основных процессов сахарного производства, который в значительной мере определяет качество и количество произведенного сахара, и эффективность работы завода в целом. Эффективность работы

© С. А. Ляшенко, 2014

диффузионного аппарата (ДА) определяется его продуктивностью, количеством сахара в диффузионном соке и потерями сахара в жоме. Процесс диффузии характеризуется наличием большого числа факторов, значения которых могут меняться в течение времени в зависимости от изменения технологического процесса, на который в свою очередь влияет такой фактор, как качество сырья.

Основными недостатками, влияющими на оптимальный режим работы диффузионного отделения, являются плохо отмытая свекла, неудовлетворительное качество стружки, низкий коэффициент использования мощности диффузионного аппарата, высокое значение рН питательной воды на диффузию, а также ненормированная длительность пребывания потока смеси свекловичной стружки и питательной воды в диффузионном аппарате.

Для повышения эффективности процесса диффузии в отделении необходимо применять комплексную автоматизацию технологического процесса, так как весь технологический процесс получения сахара сбалансирован, и автоматизация отдельных производственных участков не дает ощутимых положительных результатов.

Нормальная работа этого отделения обуславливается регулированием заданных параметров и соотношений веществ, входящих в процесс диффузии. Это регулирование может происходить: вручную, полуавтоматически и автоматически. В данный момент в современном сахарном производстве используется автоматическое регулирование с дублированием ручного для возможности продолжения работы, если какой-либо автоматический регулятор выйдет из строя.

Для построения эффективной системы управления технологическим процессом, необходима информация об объекте исследования, т.е. его математическая модель [2, 3].

Построение математической модели исследуемого объекта является необходимым этапом решения задачи оптимизации его функционирования, качество решения которой и определяется тем, насколько адекватно отражает модель свойства данного объекта. При этом немаловажную роль играет сложность получаемого математического описания, так как использование сложной, но точно отражающей свойства объекта модели приводит к получению сложных законов управления, реализация которых на практике зачастую либо затруднена, либо невозможна. Построение же математической модели объекта сопровождается рядом трудностей, среди которых в первую очередь следует отметить нелинейность и нестационарность характеристик исследуемого объекта [4].

Частую оправдывает себя применение линейных моделей, полученных методом регрессионного анализа. Эти вопросы необходимо решать лишь при хорошем изучении технологического процесса и знания математического аппарата обработки данных и умения моделировать исследуемые процессы.

Целью данной работы является получение и исследование линейной регрессионной модели диффузионного аппарата для применения в АСУТП сахарного завода.

Задачи работы:

Определение основных технологических показателей процесса диффузии;

Получение линейной регрессионной модели объекта;

Проверка адекватности полученной модели и возможности применения в АСУТП.

Постановка проблемы. Определение адекватной модели диффузионного аппарата, пригодной для осуществления сложного технологического диффузионного процесса в отделении получения сока для АСУТП сахарного завода.

Основная часть. При построении регрессионной модели диффузионного отделения, а соответственно и диффузионного аппарата, так как ДА является основным оборудованием, задающим режим работы не только для всего отделения, а и для всего завода в качестве выходной величины Y использовалась одна переменная – расход диффузионного сока.

Входными (управляемыми) параметрами диффузионного аппарата являлись: X_1 – температура сокоотружечной смеси от пара в 1-й зоне ДА; X_2 – температура сокоотружечной смеси от пара в 2-й зоне ДА; X_3 – температура сокоотружечной смеси от пара в 3-й зоне ДА; X_4 – температура сокоотружечной смеси от пара в 4-й зоне ДА; X_5 – расход барометрической (питательной) воды; X_6 – расход свекловичной стружки; X_7 – температура барометрической сульфитированной воды.

Кроме того, учитывались и информационные параметры, необходимые для реагирования на изменения технологического процесса, к которым относились: X_8 – уровень в сборнике сульфитированной подогретой барометрической воды; X_9 – температуры в сборнике подогретой барометрической воды; X_{10} – расход питательной воды; X_{11} – расход жомопрессовой воды; X_{12} – уровень в сборнике диффузионного сока; X_{13} – уровень за ситом и перед ситом диффузионного аппарата; X_{14} – уровень сокоотружечной смеси; X_{15} – температура питательной воды в ДА; X_{16} – рН барометрической воды; X_{17} – уровень в сборнике барометрической воды после конденсатора; X_{18} – температура сока на производство; X_{19} – температура в сборнике сульфитированной подогретой барометрической воды; X_{20} – рН сока на производство; X_{21} – СВ сока на производство; X_{22} –

уровень в сборнике подогретой барометрической воды; X_{23-61} - контроль работы узлов оборудования в диффузионном отделении.

На первом этапе построения моделей технологического процесса строились наиболее простые регрессионные модели, описываемые уравнением

$$Y = \sum_{i=1}^k a_i \cdot X_i + b; \quad i = \overline{1, k}, \quad (1)$$

где a_i – регрессионные коэффициенты, соответствующие каждой независимой переменной X_i ;

b – постоянная.

Для нахождения параметров a_i и b уравнения регрессии (1) использовался МНК, так как при его применении для нахождения зависимой переменной Y , наилучшим образом соответствующей эмпирическим данным, сумма квадратов отклонений эмпирических точек от теоретической линии регрессии должна быть минимальной.

В результате проведения пассивных экспериментов были получены массивы данных почасовой работы исследуемых отделений производства, которые и использовались при построении моделей (1).

По результатам экспериментальных данных были рассчитаны накопленные частоты $P_0(x)$, ожидаемые накопленные частоты для нормального распределения, затем выбиралось максимальное значение $|P_0(x) - S(x)|$, с помощью которого и определялся критерий согласия Колмогорова-Смирнова D . Полученное значение сравнивалось с критическим, взятым из таблиц [5]. Результаты указанного сравнения позволяют сделать вывод, что с вероятностью 95% можно принять гипотезу о нормальном распределении основных переменных рассматриваемых подсистем.

Для основных переменных изучаемых технологических процессов диффузии, происходящих в ДА, определялись следующие статистические характеристики: математическое ожидание m_x , дисперсия D_x , медиана Med_x (рассчитываемая как устойчивая оценка центра экспериментальных данных с выбросами, минимально влияющими на нее), коэффициент асимметрии

$$A_x = \frac{M(x(t) - m_x)^3}{\sigma_x^3} = \frac{1}{T\sigma_x^3} \int_0^T (x(t) - m_x)^3 dt, \quad (2)$$

коэффициент эксцесса

$$E_x = \frac{M(x(t) - m_x)^4}{\sigma_x^4} - 3 = \frac{1}{T\sigma_x^4} \int_0^T (x(t) - m_x)^4 dt - 3, \quad (3)$$

а также центральные моменты

$$\beta_x^k = M[(x(t) - m_x)^k] = \frac{1}{T} \int_0^T (x(t) - m_x)^k dt, \quad (4)$$

где k – порядок центрального момента;

σ_x – среднеквадратическое отклонение ($\sigma_x = \sqrt{D_x}$);

M – символ математического ожидания.

По представленным формулам получены расчеты массивов данных технологических параметров диффузионного аппарата.

Основные статистические данные технологических переменных и результаты их обработки приведены табл. 1.

Таблица 1 – Статистические данные технологических переменных ДА

Показатели режимов работы ДА	Температура сокоотруженной смеси в первой зоне, X_1 , °С	Температура сокоотруженной смеси во второй зоне, X_2 , °С	Температура сокоотруженной смеси от в третьей зоне, X_3 , °С	Температура сокоотруженной смеси от в четвертой зоне, X_4 , °С	Расход питательной воды, X_5 , м ³ /час	Расход стружки, X_6 т/час	Температура барометрической воды X_7 , °С	Расход диффузионного сока, X_8 , м ³ /час
Верхний	69	76	74	70	100	80	68	105
Нижний	60	72	72	64	75	60	65	80
Статистические параметры распределения								
D_x^2	84,3	7,4	4,8	3,6	102,4	76,5	66,3	224,6
m_x	58,2	72,3	70,4	68,2	90,6	75,4	66,7	95,7
Med_x	62,5	74,7	73,2	67,7	95,4	77,2	67,1	96,5
A_x	-0,5	0,09	-0,74	0,9	-2,4	-1,6	-0,93	-0,8
E_x	2,0	2,8	3,1	2,9	6,4	9,6	5,4	6,8

Матрица коэффициентов корреляции переменных диффузионного аппарата представлена табл. 2.

Таблица 2 – Матрица коэффициентов корреляции переменных для ДА

Обозначение параметров	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	Y
X_1	1,0							
X_2	0,58	1,0						
X_3	0,79	0,09	1,0					
X_4	0,48	-0,20	0,63	1,0				
X_5	0,58	0,79	0,29	0,06	1,0			
X_6	-0,75	-0,74	-0,41	-0,20	-0,70	1,0		
X_7	-0,75	-0,54	-0,39	-0,37	-0,37	0,71	1,0	
Y	0,61	0,13	0,61	0,49	0,43	-0,41	-0,39	1,0

Значения коэффициентов детерминации исследуемой линейной регрессии представлены табл. 3.

Таблица 3 – Значения коэффициентов детерминации линейной регрессионной модели

X_i	X_1	X_2	X_3	X_5	X_4	X_6	X_7
R^2	0,571	0,618	0,645	0,659	0,670	0,692	0,71

Определение структуры модели для описания зависимости расхода диффузионного сока от остальных факторов технологического процесса диффузии осуществлялось методом пошаговой регрессии.

В строке “ R^2 ” (табл. 3) стоят значения коэффициентов детерминации, служащих мерой согласия соответствующей модели регрессии с имеющимися данными.

После применения МНК была получена следующая модель:

$$Y = 63,27 + 12,65X_1 + 9,435X_2 + 18,42X_3 + 10,63X_4 - 3,657X_5 + 24,3X_6 + 7,36X_7. \quad (5)$$

Значение критерия Фишера для этой модели равно $F_{\text{расч}} = 162,3$ при $F_{\text{табл}} = 4,36$, а значение критерия Стьюдента $t_{\text{расч}} = 3,67$ при $t_{\text{табл}} = 2,78$.

Определенное значение $F_{\text{расч}}$ сравнивается с табличным $F_{\text{табл}}$ при количестве степеней свободы (f), необходимых для нахождения значений критерия Фишера в статистической таблице [5], и номинальном уровне значимости $\alpha = 5\%$.

Вывод. Из сравнения значений критериев Фишера можно видеть, что условие $F_{\text{расч}} > F_{\text{табл}}$ выполняется, следовательно, впервые созданная математическая модель в первом приближении может быть использована для управления параметрами технологических процессов диффузионного аппарата.

Из анализа полученных значений для критериев Стьюдента можно видеть, что для разработанной математической модели, приведенные в расчете параметры по степени влияния их коэффициентов на управляющий параметр значимы, и их необходимо учитывать при расчете управляющего параметра технологического процесса.

Следовательно, полученная линейная регрессионная модель диффузионного аппарата может соответствовать рассматриваемому динамическому объекту. Но наличие различного рода возмущений и помех и отсутствие достаточно полной информации об условиях функционирования объекта существенно ограничивают среду применения традиционных методов построения модели.

Список литературы: 1. Белоусов В. Ю. Стратегия автоматизации производства сахара / В. Ю. Белоусов, А. Ф. Литвинов, О. А. Потапов [и др.]. // Сахар. – 2002. – № 1. – С. 40–42. 2. Яковлев О. Системы автоматизации технологических процессов сахарного производства / О. Яковлев, С. Танцюра, А. Войтюк [и др.] // Пищевая промышленность. – 2000. – № 1. – С. 44–53. 3. Ляшенко С. А. Концепции повышения эффективности АСУТП при производстве сахара в Украине / С. А. Ляшенко, А. С. Ляшенко, И. С. Беляева // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2008. – Вип. 74. – С. 54–63. 4. Ляшенко С. А. Построение математической модели нелинейного процесса с помощью нормализованной радиально-базисной сети / С. А. Ляшенко, А. С. Ляшенко // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2006. – Вып. № 1 (24). – С. 32–35. 5. Сиденко В. М. Основы научных исследований / В. М. Сиденко, И. М. Грушко. – Харьков : Вища школа, 1978. – 200 с.

Bibliography (transliterated): 1. Belousov, V. Ju., et al. "Strategija avtomatizacii proizvodstva sahara" *Sahar*. No. 1, 2002. 40–42. Print. 2. Jakovlev O., et al. "Sistemy avtomatizacii tehnologicheskikh processov saharnogo proizvodstva" *Pishhevaja promyshlennost'*. No. 1, 2000. 44–53. Print. 3. Ljashenko S. A., A. S. Ljashenko and I. S. Beljaeva. "Konceptii povysheniya jeffektivnosti ASUTP pri proizvodstve sahara v Ukraine." *Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo tehnicnogo universitetu sil's'kogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka*. No. 74. 2008. 54–63. Print. 4. Ljashenko S.A., and A. S. Ljashenko. "Postroenie matematicheskoj modeli nelinejnogo processa s pomoshh'ju normalizovannoj radial'no-bazisnoj seti." *Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tehniceskogo universiteta*. No. 1.24. 2006. 32–35. Print. 5. Sidenko V. M., and I. M. Grushko. *Osnovy nauchnyh issledovanj*. Kharkov. Vishha shkola, 1978. Print.

Постыла (received) 14.08.2014

С. А. ЦЫБУЛЬНИК, канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
НИУ «УКРНИИЭП»

ДЕКОМПОЗИЦИОННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДООТВЕДЕНИЕМ НА ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Предложен алгоритм выбора оптимальных параметров комплекса технических средств автоматизированной системы управления отведением смеси производственно-бытовых сточных вод и поверхностного и дренажного стока на очистные сооружения. Вычислительная схема решения задачи основана на декомпозиции исходной глобальной задачи на ряд более простых локальных задач, которые могут быть решены с использованием стандартного метода динамического программирования.

Ключевые слова: водный объект, сточные воды, водоотведение, автоматизированная система управления, комплекс технических средств.

Вступление. Существующее состояние водоотведения в стране делает актуальной задачу внедрения прогрессивных технологий для экологического оздоровления водных объектов страны и поддержания их качественного состояния на должном уровне. Одно из возможных решений проблемы предполагает добавление в существующие схемы водоотведения регулирующих емкостей для приема поверхностного и дренажного стока и модуля управления их работой для совместной подачи производственно-бытовых сточных вод и поверхностного и дренажного стока на очистные сооружения [1]. Для накопления смеси сточных вод и поверхностного и дренажного стока и последующей подачи ее на очистные сооружения используется система из двух регулирующих емкостей. Первая емкость предназначена для регулирования дренажного стока и поверхностного стока, создающегося во время дождя с расчетным периодом однократного превышения его интенсивности. Вторая емкость используется при более интенсивных дождях, а так же для перехвата высокозагрязнённых вод, возникающих в результате техногенных аварий и катастроф. Такой подход позволяет при возникновении чрезвычайных ситуаций, с одной стороны, исключить загрязнение водных объектов, и, с другой – не допустить выведения из строя очистных сооружений.

Регулирование подаваемых на очистку расходов производственно-бытовых сточных вод и поверхностного и дренажного стока позволяет обеспечить соответствие химического состава смеси этих вод требованиям биологического способа очистки на входе биологического звена очистных сооружений.

Для проектирования сети водоотведения, представляющей собой систему каналов и труб, могут использоваться дифференциальные математические модели, описывающие течение сточной воды и перенос загрязнений. Но для целей оперативного управления распределением потоков сточных вод и поверхностного и дренажного стока в сети водоотведения предпочтительнее использовать не прогнозируемые, а измеряемые параметры ее работы. Любая математическая модель всегда имеет определенную погрешность, в то время как любые ошибки прямых замеров значений контролируемых параметров практически нивелируются регулярной корректировкой вырабатываемых на их основе параметров управления.

Для построения автоматизированной системы управления рабочими параметрами сети водоотведения, – расходом и составом проходящих через нее сточных вод – используются датчики автоматизированной системы контроля, от которых информация передается на центральный пункт оперативного управления, где и подвергается обработке. В связи с этим актуальна задача определения оптимальных параметров технической базы, обеспечивающей автоматизацию процессов измерения, сбора, подготовки, представления и обработки информации.

Цель исследования. Разработка алгоритма определения оптимального варианта комплекса технических средств измерения, сбора, хранения и обработки информации для автоматизированной системы управления отведением сточных вод на очистные сооружения.

Постановка задачи. В соответствии с выделяемыми уровнями преобразования информации, автоматизированную систему управления можно представить в виде трёхуровневой древовидной иерархической измерительно-информационной системы [2], структурными элементами которой являются: на 1-м уровне – средства измерения, сбора, подготовки и представления информации; на 2-м уровне – средства передачи информации; на 3-м уровне – средства обработки информации. В подсистемах одного уровня информация преобразуется параллельно, а на разных уровнях – последовательно.

Критерием оценки различных вариантов реализации рассматриваемой измерительно-информационной системы является минимум приведенных затрат на приобретение и эксплуатацию технических средств измерения, сбора, хранения и обработки информации. В качестве основных требований и ограничений системы принимаются время и достоверность преобразования информации.

Результаты исследования. Каждая подсистема, а значит и система в целом, имеет некоторое множество вариантов реализации, характеризуемых временем и достоверностью преобразования информации, а также величиной приведенных затрат. Следовательно, задачу выбора оптимального варианта системы можно сформулировать а терминах дискретного математического программирования.

Пронумеруем подсистемы в соответствии с иерархической структурой слева направо в пределах уровня и снизу вверх по уровням. Пусть L_i – множество номеров подсистем, структурно подчиненных подсистеме i . Тогда время преобразования информации в системе можно выразить как

$$T = \gamma_n t_n + \max_{k \in L_n} \left(\gamma_k t_k + \max_{v \in L_k} \gamma_v t_v \right), \quad (1)$$

где t_i – время преобразования информации в подсистеме i ;

γ_i – коэффициент совмещения времени последовательно работающих подсистем ($0 \leq \gamma_i \leq 1$);

n – число подсистем.

Пренебрегая малыми высшего порядка (произведениями вероятностей), вероятность искажения информации в системе можно определить как

$$P = \sum_{i=1}^n \zeta_i p_i, \quad (2)$$

где p_i – вероятность искажения информации в подсистеме i ;

ζ_i – доля объема информации, проходящего через подсистему i в общем объеме информации, преобразуемой в системе ($0 < \zeta_i \leq 1$).

Для простоты записи далее положим $\gamma_i = \zeta_i = 1$, $i \in \{1 \dots n\}$, так как всегда можно перейти к новым переменным $t'_i = \gamma_i t_i$ и $p'_i = \zeta_i p_i$, $i \in \{1 \dots n\}$. Тогда задачу оптимизации затрат на реализацию комплекса технических средств автоматизированной системы управления отведением сточных вод на очистные сооружения можно записать в виде

$$\min_{t, p} \left\{ \sum_{i=1}^n f_i(t_i, p_i) \mid t_n + \max_{k \in L_n} \left(t_k + \max_{v \in L_k} t_v \right) \leq T_{\text{доп}}, \sum_{i=1}^n p_i \leq P_{\text{доп}}, t_i \in T_i, p_i \in P_i \right\}, \quad (3)$$

где $f_i(\bullet)$ – приведенные затраты на реализацию подсистемы i ;

$T_{\text{доп}}$, $P_{\text{доп}}$ – соответственно, допустимое время преобразования информации и допустимая вероятность ее искажения в системе;

T_i , P_i – соответственно, множества возможных значений времени преобразования информации и вероятности ее искажения в подсистеме i .

Применение известных методов современного аппарата математического программирования для решения задачи (3) непосредственно в сформулированном выше виде невозможно, поскольку значение первого ограничения определяется не аналитическим выражением, содержащим функцию \max . Вместе с тем, как будет показано ниже, можно построить эффективный вычислительный алгоритм, основанный на декомпозиции исходной задачи (3) на ряд более простых задач меньшей размерности, каждая из которых может быть решена стандартным методом динамического программирования.

Рассмотрим вспомогательную задачу

$$\Lambda_k(t_n, \xi_k) = \min_{t_k, p_k, p_v} \left\{ f_k(t_k, p_k) + \sum_{v \in L_k} f_v(t_v, p_v) \mid \right. \\ \left. t_k + \max_{v \in L_k} t_v \leq T_{\text{доп}} - t_n, p_k + \sum_{v \in L_k} p_v \leq \xi_k, t_n \in T_n, t_k \in T_k, p_k \in P_k, t_v \in T_v, p_v \in P_v \right\}, \quad (4)$$

где ξ_k – вероятность искажения информации в ветви, включающей подсистему k и структурно связанные с ней подсистемы регистрации и сбора информации v ;

$\Lambda_k(\bullet)$ – приведенные затраты на реализацию ветви, начинающейся с подсистемы k .

Решение задачи (4) определяет функцию $\Lambda_k(\bullet)$ на множестве значений $\xi_k(t_n)$. Используя схему поэтапной оптимизации (проекции на пространство связующих ограничений) [3], введем в рассмотрение вспомогательную задачу

$$\Lambda_k^1(t_n, t_k, \xi_k) = \min_{p_k, t_v, p_v} \left\{ f_k(t_k, p_k) + \sum_{v \in L_k} f_v(t_v, p_v) \mid \right. \\ \left. t_v \leq T_{\text{доп}} - t_n - t_k, p_k + \sum_{v \in L_k} p_v \leq \xi_k, p_k \in P_k, t_v \in T_v, p_v \in P_v \right\}. \quad (5)$$

Используя задачу (5), задачу (4) можно преобразовать к виду

$$\Lambda_k(t_n, \xi_k) = \min_{t_k} \left\{ \Lambda_k^1(t_n, t_k, \xi_k) \mid t_k \in T_k \cap V_k \right\}, \quad (6)$$

где V_k – множество значений t_k , при которых задача (5) имеет решение.

Поскольку функции $f_i(\bullet)$ монотонны относительно аргументов, первое ограничение задачи (5) однозначно определяет оптимальные значения t_v ,

$$t_v^*(t_n, t_k) = \max \left\{ t_v \mid t_v \leq T_{\text{доп}} - t_n - t_k, t_v \in T_v \right\}, v \in L_k. \quad (7)$$

Следовательно, задачу (5) можно преобразовать к виду

$$\Lambda_k^1(t_n, t_k, \xi_k) = \min_{p_k, p_v} \left\{ f_k(t_k, p_k) + \sum_{v \in L_k} f_v(t_v^*, p_v) \mid p_k + \sum_{v \in L_k} p_v \leq \xi_k, p_k \in P_k, p_v \in P_v \right\}, \quad (8)$$

где $t_v^*, v \in L_k$ определяются из решения задачи (7).

Масштабируем значения p_i таким образом, чтобы все $p_i, i \in \{1 \dots n\}$ были целыми числами. Тогда задача (8) может быть решена методом

динамического программирования. После чего решение задачи (7), а, следовательно, и задачи (4), сводится к выбору максимального элемента.

Введем в рассмотрение вспомогательную задачу

$$\Lambda_n(t_n) = \min_{P_n, \xi_k} \left\{ f_n(t_n, P_n) + \sum_{k \in L_n} \Lambda_k(t_n, \xi_k) \mid P_n + \sum_{k \in L_n} \xi_k \leq P_{\text{доп}}, P_n \in P_n, \xi_k \in K_k(t_n) \right\}, \quad (9)$$

где $K_k(t_n)$ – множество значений ξ_k , определяемых из решения задачи (4).

Используя задачу (9), решение которой также определяется методом динамического программирования, и схему поэтапной оптимизации, задачу (3) можно преобразовать к виду

$$\min_{t_n} \{ \Lambda_n(t_n) \mid t_n \in T_n \}. \quad (10)$$

Таким образом, исходная задача (3) декомпозирована нами на ряд более простых задач вида (7)-(10). Из них задачи (8), (9) решаются методом динамического программирования, а решение задач (7), (10) сводится к выбору максимального элемента.

Основываясь на изложенных выше результатах, алгоритм решения задачи (3) можно представить в виде следующей вычислительной схемы:

3. Выбрать очередное значение $t_n \in T_n$.
4. Выбрать очередное значение $k \in L_n$.
5. Выбрать очередное значение $t_k \in T_k$.
6. Найти решение задачи (7).
7. Если решения нет, перейти к шагу (9).
8. Найти решение задачи (8).
9. Найти решение задачи (5).
10. Если есть еще $t_k \in T_k$, перейти к шагу 3.
11. Найти решение задачи (10).
12. Если есть еще $k \in L_n$, перейти к шагу 2.
13. Найти решение задачи (9).
14. Если есть еще $t_n \in T_n$, перейти к шагу 1, иначе получено оптимальное решение.

Заметим, что решение задачи (8) для различных $t_k \in T_k$ определяется на одном и том же множестве значений ξ_k . Следовательно, при использовании метода динамического программирования, размерность заключительной таблицы в решении задачи (10) будет не выше, чем в решении задачи (3) при фиксированных значениях $t_i, i \in \{1 \dots n\}$.

Если вместо задачи (9) рассмотреть задачу

$$\Lambda_n(t_n, \xi_n) = \min_{P_n, \xi_k} \left\{ f_n(t_n, P_n) + \sum_{k \in L_n} \Lambda_k(t_n, \xi_k) \mid P_n + \sum_{k \in L_n} \xi_k \leq \xi_n, P_n \in P_n, \xi_k \in K_k(t_n) \right\}, \quad (11)$$

то можно получить все множество возможных вариантов системы, которое характеризует параметрическую зависимость допустимого времени преобразования информации и допустимой вероятности ее искажения в системе от величины приведенных затрат на реализацию системы. При этом возможно рассмотреть задачу в обратной постановке, – "максимум качественных характеристик системы при ограничении на ее стоимость".

Выводы. Рассмотренная постановка задачи может быть использована для целей оптимального проектирования технической базы, обеспечивающей автоматизацию процессов сбора, хранения и обработки информации в автоматизированной системе управления запорно-регулирующей аппаратурой отведения сточных вод на очистные сооружения. Предложенная схема решения может быть использована как при оптимизации затрат на построение технической базы, удовлетворяющей заданным ограничениям, так и при анализе возможных вариантов ее реализации. Алгоритм решения задачи может быть обобщен на произвольное число уровней преобразования информации, что расширяет область его применения за рамки рассмотренной выше постановки задачи.

Список литературы: 1. Дмитриева Е. А. Управление режимами работы систем водоотведения населенных пунктов Украины / Е. А. Дмитриева, С. А. Цыбульник, И. В. Хоренжая [и др.] // Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. – Севастополь : СНУЯЕтаП. – 2012. – Вип. 3 (43). – С. 75–81. 2. Артемов А. П. Технические средства информатизации / А. П. Артемов. – Тамбов. : Изд-во ТГТУ, 2002. – 80 с. 3. Первозванский А. А. Математические модели в управлении производством / А. А. Первозванский. – М. : Наука, 1975. – 616 с.

Bibliography (transliterated): 1. Dmitrieva E. A., et al. "Upravlenie rezhimami raboty sistem vodootvedeniya naselennykh punktov Ukrainy." *Zbirnik naukovih prac' SNUJaEtaP.* – Sevastopol: SNUJaEtaP. Vol. 3 (43). 2012. 75–81. Print. 2. Artemov A. P. *Tekhnicheskie sredstva informatizacii.* Tambov: Izd-vo TG TU, 2002. Print. 3. Pervozvanskij A. A. *Matematicheskie modeli v upravlenii proizvodstvom.* Moscow: Nauka, 1975. Print.

Надійшло (received) 13.06.2014

О. Ю. ЧЕРЕДНІЧЕНКО, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПІ»;
О. В. ЯНГОЛЕНКО, аспірант НТУ «ХПІ»;
Ю. М. БАРАНОВА, магістрант НТУ «ХПІ»

ФОРМАЛЬНА АРХІТЕКТУРА АГЕНТНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

У роботі представлено мультиагентну систему моніторингу результатів наукової діяльності вищого навчального закладу. Розглянуто засоби подання абстрактної архітектури агентів, що дозволяють у формальному вигляді описати функціонування агентів. Така архітектура ґрунтується на представленні множини станів зовнішнього середовища агента, множини сприйняттів середовища агентом, множини можливих дій агента, а також функції сприйняття та функції вибору дії агента. З метою формалізації правил, за якими діє рефлексний агент, заснований на моделі, запропоновано використовувати метод компараторної ідентифікації теорії інтелекту. У роботі наведено формальну архітектуру агентів чотирьох типів, які здійснюють пошук джерел даних для моніторингу результатів наукової діяльності.

Ключові слова: моніторинг, тематичний пошук, мультиагентна система, абстрактна архітектура, компараторна ідентифікація.

Вступ. Необхідність адаптації до вимог сучасного суспільства спричинює пошук обґрунтованих оцінок ефективності та якості функціонування системи вищої освіти. Найважливішою умовою підвищення якості є систематичний контроль та аналіз об'єктивних даних про діяльність вищих навчальних закладів (ВНЗ). Моніторинг результатів діяльності ВНЗ є одним із процесів, які забезпечують роботу системи управління якістю ВНЗ. Процес управління якістю може бути ефективним у разі наявності постійного зворотного зв'язку, що забезпечує отримання надійної інформації про результати роботи ВНЗ у різних напрямках, таких як освітньому, науковому, культурному і т. д. На практиці такий зворотний зв'язок, як правило, не організований належним чином.

На сьогодні сучасні системи управління підприємствами, у тому числі ВНЗ, включають підсистему моніторингу та оцінювання, що забезпечує прийняття обґрунтованих рішень керівництвом організації. Дана робота присвячена агентній реалізації системи моніторингу наукової діяльності ВНЗ.

Джерелами даних для моніторингу можуть служити офіційні звіти та документація структурних підрозділів ВНЗ, а також інформація, отримана від співробітників та студентів даного ВНЗ. Окрім цих традиційних джерел даних, можна говорити про те, що результати діяльності ВНЗ знаходять своє відображення у веб-просторі. У даній роботі в якості джерела даних для моніторингу розглядаються веб-сторінки, які містять інформацію про

результати наукової діяльності ВНЗ. Відповідно методами збору даних є методи інтелектуального аналізу даних.

Аналіз публікацій за темою дослідження. Технологія веб-моніторингу є розповсюдженою у різних галузях, наприклад, вона застосовується для вирішення задач конкурентної розвідки [1]. Попередні дослідження авторів присвячені вирішенню задач моніторингу та оцінювання у системі вищої освіти [2, 3]. Зокрема, ідея побудови системи веб-моніторингу викладена у роботі [4]. Веб-моніторинг результатів наукової діяльності ВНЗ розглядається у роботах [4, 5]. Різні етапи веб-моніторингу, такі як пошук джерел даних та вимірювання індикаторів моніторингу представлено у роботах [5, 6].

В даному дослідженні пропонується використовувати агентну архітектуру при проектуванні системи моніторингу. З точки зору програмної інженерії, агент – це автономна програмна сутність, що має довгий час існування та адаптує свою поведінку відповідно до змін оточуючого середовища, а також здатна взаємодіяти з іншими агентами [7, 8]. Для того щоб будувати програмні агентні системи, необхідно мати засоби формального подання правил роботи агентів. Формальне представлення архітектури агентів досліджується у роботах [8–10]. Проте аналіз публікацій у цьому напрямку показав, що формальне представлення агентів системи веб-моніторингу в літературі не розглянуто.

Постановка задачі. Основними складовими процесу веб-моніторингу є пошук джерел даних, видобування даних та вимірювання індикаторів. Метою процесу пошуку джерел даних є збір веб-сторінок, на яких знаходиться інформація, необхідна для вимірювання індикаторів. Видобування даних має на меті отримання сирих даних із знайдених веб-сторінок. Результатом процесу вимірювання є те, що сирі дані перетворюються на кількісні значення індикаторів.

Пошук даних у веб-просторі виступає одним із факторів, що накладають обмеження на архітектуру системи моніторингу. Іншим фактором є те, що ця система є частиною системи управління якістю ВНЗ. Вона повинна легко інтегруватися з існуючою системою управління, що, зокрема, стосується питання масштабованості та здатності до перенесення. В цілому система моніторингу повинна відповідати принципам відкритих систем.

Враховуючи наведені фактори, у даній роботі система веб-моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ проектується на засадах мультиагентного підходу до побудови програмних систем. Така архітектура дозволяє реалізувати такі суттєві властивості агентів, як автономність, реактивність та комунікативність.

Метою даної роботи є формальне представлення абстрактної архітектури агентів системи веб-моніторингу на прикладі підсистеми пошуку джерел даних для оцінювання наукової діяльності.

Формальне представлення абстрактної архітектури агентів. Для представлення можливих дій агента та його взаємодії із зовнішнім

середовищем необхідно мати інструмент, який дозволяє у формальному вигляді описувати поведінку агента. Абстрактна архітектура агента – це інструмент, який дозволяє проектувати поведінку агента із використанням чітких формальних методів [9, 10]. Абстрактна архітектура агента задається через опис середовища, в якому функціонує агент, сприйняття агентом цього середовища та його діями.

Нехай S – множина можливих станів зовнішнього середовища агента, A – множина можливих дій агента. Тоді агент може бути представлений як:

$$g_s : S \rightarrow A,$$

тобто вибір конкретної дії із множини можливих дій агент здійснює на основі поточного стану зовнішнього середовища $s_i \in S$. При цьому дії агента можуть впливати на середовище, але не контролювати його повністю.

Для представлення агента зручно використовувати модель сприйняття зовнішнього середовища. Для цього вводиться множина можливих сприйнятих P та функція $f : S \rightarrow P$, яка описує, у який спосіб певні стани середовища сприймаються агентом. Тоді агент представляється за допомогою функції $g_p : P \rightarrow A$, тобто дія агента визначається у загальному випадку поточним сприйняттям стану зовнішнього середовища $p_j \in P$.

Модель агента із сприйняттям еквівалентна базовій. Проте вона дозволяє ввести наступну додаткову властивість агента: різні стани середовища можуть однаково сприйматися і навпаки – один стан може по-різному сприйматися агентом.

Інший варіант представлення агента потребує введення поняття стану агента. При цьому вважається, що агент має певні внутрішні структури даних, які він модифікує в залежності від сприйняття поточного стану зовнішнього середовища, та на основі отриманих результатів обирає дію. Для формалізації цього процесу вводиться множина I внутрішніх станів агента та функція оновлення внутрішнього стану, яка відповідає за оновлення внутрішнього стану у відповідності до поточного сприйняття середовища: $h : I \times P \rightarrow I$.

Тоді агент описується за допомогою функції $g_i : I \rightarrow A$, тобто дія обирається на основі поточного стану агента. Для коректного опису поведінки агента із станом необхідно визначити початковий стан $i_0 \in I$.

Така архітектура агента має один суттєвий недолік, а саме – агент, що задається у такий спосіб, не отримує інформацію про здійснені ним дії, що обмежує його можливості у накопиченні досвіду та аналізі потенційних наслідків його дій. Одним із можливих способів подолання цього недоліку є представлення інформації про дії агента як частину інформації про зовнішнє середовище, проте такий підхід не є наочним та інтуїтивно зрозумілим. Більш

правильним вирішенням цієї проблеми є включення інформації про здійснювані дії явно у вхідні дані функції вибору дії:

$$g_A : (P \times A)^* \rightarrow A.$$

У такому вигляді агент явно отримує інформацію про вже здійснені дії та при виборі дії спирається на сприйняття станів навколишнього середовища.

Для агента із станом інформація про попередні дії враховується у функції оновлення стану: $h : (I \times P \times A)^* \rightarrow I$.

Параметром функції оновлення стану є не послідовність усіх дій агента, а тільки остання виконана дія.

При використанні підходів, заснованих на формальній логіці, функції сприйняття та вибору дії агента описується як набір тверджень, або правил, цієї логіки. При цьому агент підтримує базу знань, що містить множину тверджень формальної логіки, які описують причинно-наслідкові зв'язки між станами зовнішнього середовища та сприйняттями агента, а також між сприйняттями середовища та діями агента. Такий агент називається логічним агентом [11].

Агент, який обирає дію на основі поточного сприйняття, ігноруючи всю історію попередніх сприйнятів, є простим рефлексним агентом [11]. Такий тип агентів є надзвичайно простим, проте має значно обмежений інтелект. У багатьох випадках для успішного функціонування агента можуть знадобитися знання двох видів. З одного боку, це інформація про те, як середовище змінюється незалежно від агента. З іншого боку, це знання про те, як власні дії агента впливають на середовище. Агент, який використовує такі знання про існування зовнішнього середовища, є рефлексним агентом, заснованим на моделі [11].

Знання та правила, якими володіє рефлексний агент, заснований на моделі, можна формалізувати за допомогою методів теорії інтелекту, зокрема методу компараторної ідентифікації, центральним поняттям якого є компаратор [12, 13]. Компаратор реалізує предикат $K(y_1, y_2, \dots, y_m) = t$, що відповідає відношенню K , в якому знаходяться вхідні сигнали y_1, y_2, \dots, y_m . При цьому t – це двійкова реакція компаратора, $t \in \Sigma$, $\Sigma = \{1, 0\}$. До входів компаратора підключені своїми виходами ідентифіковані інформаційні процеси f_1, f_2, \dots, f_m . Інформаційні процеси представляють механізми сприйняття вхідних фізичних сигналів x_1, x_2, \dots, x_m . Сигнали $y_1 = f_1(x_1)$, $y_2 = f_2(x_2)$, ..., $y_m = f_m(x_m)$ є внутрішніми станами об'єкта, недоступними для спостереження. Компаратор разом із підключеними до нього інформаційними процесами називається ідентифікованим об'єктом (рис. 1). Предикат об'єкта $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = t$ виражається у вигляді:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m) = K(f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f_m(x_m)) \cdot$$

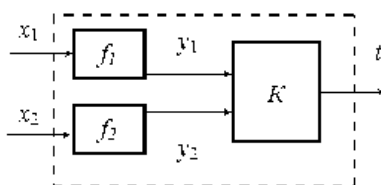


Рис. 1 – Об'єкт із двома вхідними сигналами

Введемо універсум елементів U . Предикатом P , заданим на U , називається будь-яка функція $\varepsilon = P(x_1, x_2, \dots, x_n)$, що відображає множину U в множину $\Sigma = \{1, 0\}$. Оскільки множина U при моделюванні агентної системи є скінченною, то предикат P є також скінченним.

Множина всіх n -арних предикатів, заданих на U^n , на якому визначені операції диз'юнкції, кон'юнкції та заперечення (що є базовими), називається алгеброю n -арних предикатів на U , в якій виконуються усі тотожності булевої алгебри. Змінні x_1, x_2, \dots, x_n , які називаються предметними та їхні значення, які називаються предметами, представляються предикатом еквівалентності предмета a змінній x_i :

$$E(x_i, a) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_i = a, \\ 0, & \text{якщо } x_i \neq a, \end{cases} \quad (i = \overline{1, n})$$

де a – будь-який елемент універсуму.

З метою пошуку релевантних джерел даних моніторингу пропонується моделювати процес оцінювання веб-сторінки у такий спосіб, як це робить людина. Людський інтелект здатний з легкістю визначити, чи є дана веб-сторінка перспективною для подальшого пошуку (тобто обходу її посилань), чи відповідає вона темі пошуку та чи містить вона необхідну для вимірювання індикаторів інформацію.

Метод компараторної ідентифікації дозволяє побудувати логічну модель сприйняття веб-сторінки. Моделі сприйняття зовнішнього середовища та вибору дії агента, побудовані на основі метода компараторної ідентифікації, можуть бути покладені в основу архітектури логічного агента, заснованого на моделі. Тоді функції агента у загальному вигляді можна записати наступним чином: $f : S \xrightarrow{K} P$ та $g_A : (P \times A)^* \xrightarrow{K} A$.

Мультиагентна система веб-моніторингу. Авторами пропонується здійснювати автоматизацію моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ шляхом побудови мультиагентної системи (МАС) (рис. 2). Для створення такої системи пропонується використовувати агентну програмну платформу

JADE та засоби доступу та управління локальною кеш-пам'яттю Ehcache. MAC веб-моніторингу складається з агентів декількох типів, які існують всередині агентного контейнеру. Призначення кожного типу агента наведено у табл. 1.

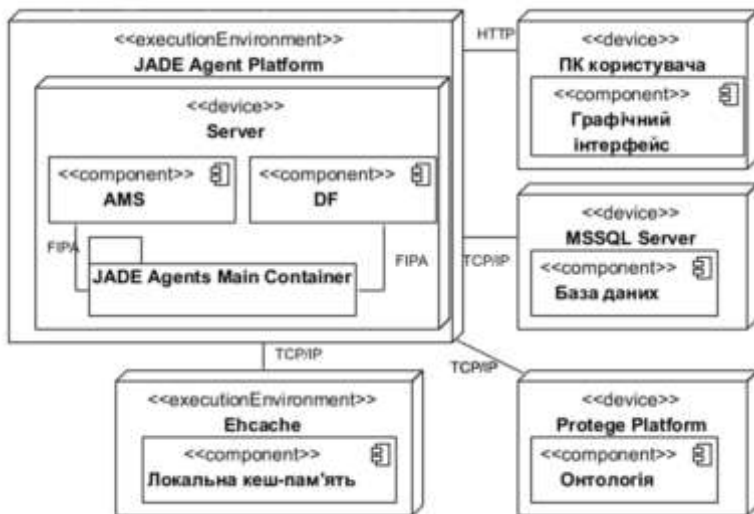


Рис.2 – Мультиагентна система моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ

Таблиця 1 – Типи агентів підсистеми пошуку джерел даних моніторингу

Позначення	Назва агента	Призначення
A0	Агент-координатор	Отримання із онтології вхідної інформації, необхідної для початку пошуку джерел даних; створення першого агента-кроулера; створення агентів пошуку джерел даних та очистки даних
A1	Агент-кроулер	Обхід веб-простору та збереження веб-сторінок, які відповідають темі пошуку
A2	Агент пошуку джерел даних	Визначення серед веб-сторінок, які відповідають темі пошуку, тих, що є джерелами даних моніторингу
A3	Агент очистки даних	Приведення веб-сторінок, що є джерелами даних, до уніфікованого вигляду – шаблону

Отже, пошук джерел даних моніторингу здійснюється агентами A0, A1, A2 та A3, взаємодію яких показано на рис. 3. Моделі теми пошуку, джерела даних та шаблону для кожного показника моніторингу зберігаються у вигляді правил в онтології та передаються агенту A0 під час його ініціалізації. Вказані агенти взаємодіють із локальною кеш-пам'яттю та базою даних.

Проміжні результати їхньої роботи зберігаються у кеш-пам'яті з метою уникнення чисельних запитів до бази даних, що уповільнює роботи системи в цілому.

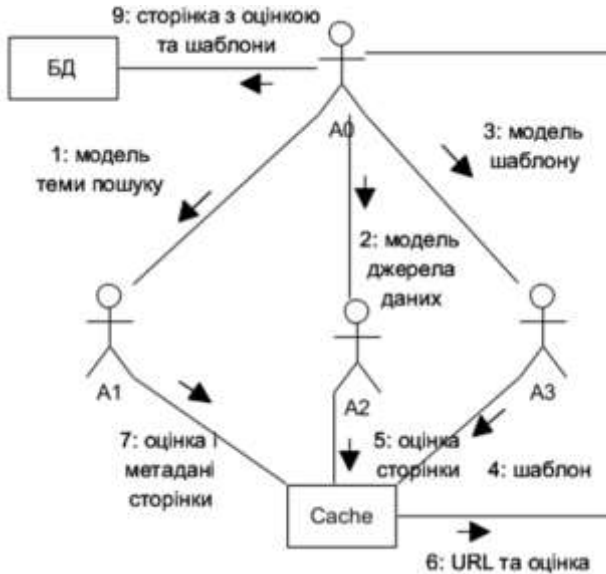


Рис. 3 – Взаємодія агентів різних типів

За пошук джерел даних моніторингу відповідає агент-координатор A0. Він створює першого агента A1, якому передає тему та стартову сторінку для початку пошуку. За результатами оцінки сторінки A1 видобуває перспективні посилання та створює клонів, які продовжують пошук за заданою темою. По мірі обходу веб-простору агентами A1 у кеш-пам'яті зберігаються посилання. Агент A0 перебирає усі посилання, збережені у кеш-пам'яті. Для кожного посилання, позитивно оціненого агентом A1, агент A0 створює агента другого типу A2, який оцінює веб-сторінку на предмет її здатності бути джерелом даних для моніторингу певного показника. Також агент A0 для кожного посилання, оціненого позитивно агентом A2, створює агента третього типу A3, який здійснює очистку відібраних джерел даних, заповнюючи шаблони для кожної веб-сторінки. Сторінки, негативно оцінені агентом A1 або A2, та сторінки, для яких було створено шаблони агентом A3, записуються агентом A0 у базу даних та видаляються із кеш-пам'яті.

Отже, зовнішнім середовищем агента A0 є кеш-пам'ять, в якій зберігаються веб-сторінки. Зовнішнє середовище може бути описане за допомогою множини станів $S_{A0} = \{s_i, i = \overline{1,7}\}$ (табл. 2).

Таблиця 2 – Стани зовнішнього середовища агента A0

Позначення	Назва	Опис
s_1	empty	Кеш-пам'ять порожня
s_2	page_is_being_processed	Веб-сторінка знаходиться в процесі обробки
s_3	positive_estimate_A1	Веб-сторінка має позитивну оцінку від агента A1
s_4	negative_estimate_A1	Веб-сторінка має негативну оцінку від агента A1
s_5	positive_estimate_A2	Веб-сторінка має позитивну оцінку від агента A2
s_6	negative_estimate_A2	Веб-сторінка має негативну оцінку від агента A2
s_7	pattern_done	Веб-сторінка була оброблена агентом A3

Можливі сприйняття середовища агентом A0 задаються множиною $P_{A0} = \{p_j, j = \overline{1,5}\}$ (табл. 3).

Таблиця 3 – Елементи множини сприйняття зовнішнього середовища агентом A0

Позначення	Назва	Опис
p_1	empty	Кеш-пам'ять порожня
p_2	page_is_being_processed	Веб-сторінка знаходиться в процесі обробки
p_3	positive_estimate_A1	Веб-сторінка має позитивну оцінку від агента A1
p_4	positive_estimate_A2	Веб-сторінка має позитивну оцінку від агента A2
p_5	to_be_deleted_from_cache	Веб-сторінка має бути видалена із кеш-пам'яті

Тоді функція сприйняття агента A0 має вигляд:

$$p = \begin{cases} p_1, & \text{якщо } E(s, s_1), \\ p_2, & \text{якщо } E(s, s_2), \\ p_3, & \text{якщо } E(s, s_3), \\ p_4, & \text{якщо } E(s, s_5), \\ p_5, & \text{якщо } E(s, s_4) \vee E(s, s_6) \vee E(s, s_7), \end{cases}$$

де $E(s, s_i)$ – предикат еквівалентності, який визначає один із можливих станів зовнішнього середовища.

Дії агента A0 задаються множиною $A_{A0} = \{a_k, k = \overline{1,5}\}$ (табл. 4).

Таблиця 4 – Дії агента A0

Позначення	Назва	Опис
a_1	kill_A0	Видалення агента A0
a_2	create_A1	Створити для веб-сторінки агента A1
a_3	create_A2	Створити для веб-сторінки агента A2
a_4	create_A3	Створити для веб-сторінки агента A3
a_5	free_cache	Записати веб-сторінку до бази даних та звільнити кеш-пам'ять
a_6	next_page	Агент переходить до наступної сторінки у кеш-пам'яті

Функція вибору дії агента A0 задається у наступному вигляді:

$$a = \begin{cases} a_1, \text{ якщо } E(p, p_1), \\ a_2, \text{ якщо } \neg E(p, p_1) \wedge \neg E(p, p_2) \wedge \neg E(p, p_3) \wedge \neg E(p, p_5), \\ a_3, \text{ якщо } E(p, p_3), \\ a_4, \text{ якщо } E(p, p_4), \\ a_5, \text{ якщо } E(p, p_5), \\ a_6, \text{ якщо } E(p, p_2). \end{cases}$$

Агент-кроулер A1 здійснює завантаження веб-сторінки, її оцінку та видобування дочірніх посилань. Агент A1 не може завантажити веб-сторінку, якщо вона недоступна. Якщо агент A1 оцінив веб-сторінку позитивно, то він видобуває всі посилання з цієї сторінки. Оцінка та метадані веб-сторінки записуються ним до кеш-пам'яті. Надалі агент A1 для кожного посилання створює агента-клона із функціональністю ідентичною власній. Після цього агент A1 припиняє свою роботу.

Перевірку перспективності подальшого обходу із завантаженої веб-сторінки здійснює агент-кроулер A1 на основі компараторної моделі (рис. 4).



Рис.4 – Оцінювання веб-сторінки на основі методу компараторної ідентифікації

Нехай предметними змінними виступають слова у заголовку веб-сторінки – t , слова у ключових словах – k , слова у тексті посилання – h , а також тема пошуку – q . Кожна тема пошуку q_i асоціюється із набором слів, що знаходяться у заголовку веб-сторінки $t = \overline{1, m}$, її ключових словах $k = \overline{1, n}$ та тексті посилань $h = \overline{1, p}$. Цей зв'язок представляється у вигляді дводольних графів (рис. 5) та предикатів $M_t(t, q_i) = t_1 \vee t_2 \vee \dots \vee t_m$, $M_k(k, q_i) = k_1 \vee k_2 \vee \dots \vee k_n$ та $M_h(h, q_i) = h_1 \vee h_2 \vee \dots \vee h_p$.

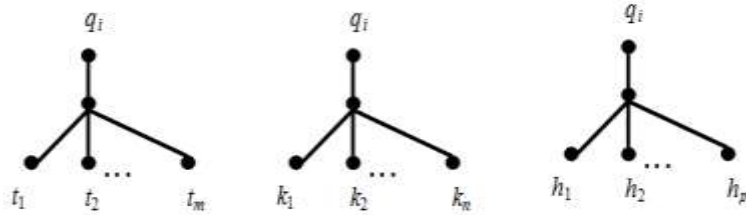


Рис.5 – Дводольні графи предикатів

Відповідність веб-сторінки темі пошуку q^* визначається предикатом:

$$Y = M(t, k, h, q^*) = M_t(t, q^*) \vee M_k(k, q^*) \vee M_h(h, q^*),$$

тобто якщо хоча б за одним елементом мета-даних оцінка веб-сторінки є позитивною, то веб-сторінка визначається такою, що відповідає заданій темі пошуку.

Отже, зовнішнім середовищем для агента-кроулера А1 є веб-сторінка, оскільки один агент працює тільки з однією сторінкою та по завершенні обробки видаляється. Зовнішнє середовище описується множиною станів $S_{A1} = \{s_i, i = \overline{1, 4}\}$ (табл. 5).

Таблиця 5 – Стани зовнішнього середовища агента А1

Позначення	Назва	Опис
s_1	unavailable	Посилання недоступне
s_2	unknown_format	Посилання доступне у невідомому форматі
s_3	unavailable_metadata	Посилання доступне у відомому форматі, не має метаданих
s_4	available_metadata	Посилання доступне у відомому форматі, має метадані

Агент сприймає зовнішнє середовище згідно із своєю ментальною моделлю (табл. 6). Функція сприйняття агента-кроулера А1 еквівалентна

логічним висновкам: «Якщо посилання недоступне або доступне у невідомому форматі, то агент сприймає веб-сторінку як недоступну для обробки», «Якщо посилання, що є доступним у відомому форматі та не має метаданих, то веб-сторінка не може бути оцінена», «Якщо посилання, що є доступним у відомому форматі та має метадані, та відповідає темі пошуку, то веб-сторінка оцінена позитивно», «Якщо посилання, що є доступним у відомому форматі та має метадані, та не відповідає темі пошуку, то веб-сторінка оцінена негативно».

Таблиця 6 – Елементи множини P_{A1} сприйняття зовнішнього середовища агентом A1

Позначення	Назва	Опис
p_1	unprocessable	Веб-сторінка недоступна для обробки
p_2	unknown_estimate	Веб-сторінка не може бути оцінена
p_3	positive_estimate	Веб-сторінка оцінена позитивно
p_4	negative_estimate	Веб-сторінка оцінена негативно

Функція сприйняття агента A1 може приймати різні значення в залежності від стану середовища та значення предикату оцінки веб-сторінки:

$$p = \begin{cases} p_1, \text{ якщо } E(s, s_1) \vee E(s, s_2), \\ p_2, \text{ якщо } E(s, s_3), \\ p_3, \text{ якщо } M(t, k, h, q) \wedge E(s, s_4), \\ p_4, \text{ якщо } \neg M(t, k, h, q) \wedge E(s, s_4). \end{cases}$$

Дії агента-кроулера A1 задаються множиною $A_{A1} = \{a_k, k = \overline{1,4}\}$ (табл. 7).

Таблиця 7 – Дії агента A1

Позначення	Назва	Опис
a_1	kill_A1	Видалення агента A1
a_2	save_estimate	Зберегти оцінку веб-сторінки та видобути із неї метадані у кеш-пам'яті
a_3	extract_ChildURL	Видобути посилання із веб-сторінки
a_4	clone_A1	Клонувати агента A1 та передати йому посилання для обробки

Функція вибору дії агента-кроулера A1 задається у наступному вигляді:

$$a = \begin{cases} a_1, \text{ якщо } (E(p, p_1) \vee E(p, p_2) \vee (E(p, p_3) \wedge E(a, a_4)) \vee \\ \quad \vee (E(p, p_4) \wedge E(a, a_2)), \\ a_2, \text{ якщо } E(p, p_3) \vee E(p, p_4), \\ a_3, \text{ якщо } E(p, p_3) \wedge E(a, a_2), \\ a_4, \text{ якщо } E(p, p_3) \wedge E(a, a_3). \end{cases}$$

В результаті роботи агента-кроулера A1 у кеш-пам'яті зберігаються усі посилання, частина з яких відповідає темі пошуку, але не всі вони є джерелами даних для моніторингу. Тому на наступному етапі необхідно із зібраних сторінок відібрати ті, що безпосередньо є джерелами даних моніторингу показників результативності діяльності ВНЗ. Для вирішення цієї задачі необхідна подальша обробка збережених у кеш-пам'яті посилань, яка здійснюється агентом A2.

Отже, зовнішнім середовищем для агента A2 є збережена у кеш-пам'яті веб-сторінка. Взагалі агент A2 функціонує аналогічно агенту A1, але оцінка сторінки здійснюється на базі моделі джерела даних. В якості предметних змінних розглянемо слова $W = \{w_n\}$, елементи веб-сторінки $E = \{e_m\}$.

Для кожного елементу веб-сторінки e_j предикат $R_j(w, e_j)$ визначає наявність певних слів або їхніх комбінацій у цьому елементі.

Предикат $M(w, e) = M(R_j(w, e_j))$ визначає, чи є веб-сторінка джерелом даних за наявністю певних слів та їхніх комбінацій у всіх визначених елементах веб-сторінки.

В таблицях 8–10 наведено елементи множин станів середовища S_{A2} , сприйняття P_{A2} та дій A_{A2} агента A2.

Таблиця 8 – Стани зовнішнього середовища агента A2

Позначення	Назва	Опис
s_1	unavailable	Веб-сторінка недоступна
s_2	available	Веб-сторінка доступна

Таблиця 9 – Елементи множини сприйняття зовнішнього середовища агентом A2

Позначення	Назва	Опис
p_1	unprocessable	Веб-сторінка недоступна для обробки
p_2	positive_estimate	Веб-сторінка оцінена позитивно
p_3	negative_estimate	Веб-сторінка оцінена негативно

Таблиця 10 – Дії агента A2

Позначення	Назва	Опис
a_1	save_estimate	Зберегти оцінку веб-сторінки у кеш-пам'яті
a_2	kill_A2	Видалення агента A2

Функція сприйняття агента A2 має вигляд:

$$p = \begin{cases} p_1, & \text{якщо } E(s, s_1), \\ p_2, & \text{якщо } M_v(w, e) \wedge E(s, s_2), \\ p_3, & \text{якщо } \neg M_v(w, e) \wedge E(s, s_2). \end{cases}$$

Функція вибору дії агента A2 задається у наступному вигляді:

$$a = \begin{cases} a_1, & \text{якщо } E(p, p_2) \vee E(p, p_3), \\ a_2, & \text{якщо } (E(p, p_2) \vee E(p, p_3)) \wedge E(a, a_1). \end{cases}$$

Для кожної веб-сторінки, позитивно оціненої агентом A2, агент A0 створює агента очистки даних A3. Агент A3 створює уніфіковане подання веб-сторінки за певним шаблоном. Для цього агент аналізує елементи веб-сторінки та знаходить на них певні слова, що свідчать про відповідність показнику, визначає назву індикатора та відповідне значення. Агент A3 створює шаблон сторінки, заповнюючи відповідні елементи з використанням тезаурусу або даних із онтології предметної області.

Отже, зовнішнім середовищем для агента A3 є веб-сторінка. Нехай $L = \{l_j\}$ – множина слів, які мають відношення до показника; $U_l = \{u_{l2}\}$ – множина слів та словосполучень, які позначають індикатор; $T_l = \{t_{l7}\}$ – множина слів, які задають конкретну реалізацію індикатора l -го показника. Тоді предикат $M_L(l)$ визначає наявність даних щодо показника у заголовку веб-сторінки, предикат $M_U(u)$ визначає наявність даних щодо індикаторів у заголовках різних рівнів веб-сторінки, а предикат $M_T(t)$ визначає наявність даних щодо значень індикаторів, які розташовані у структурних елементах після назви.

В таблицях 11–13 наведено елементи відповідних множин станів середовища S_{A3} , сприйняття P_{A3} та дій A_{A3} агента A3.

Таблиця 11 – Стани зовнішнього середовища агента A3

Позначення	Назва	Опис
s_1	unprocessed	Веб-сторінка не була оброблена

Закінчення таблиці 11

Позначення	Назва	Опис
s_2	processed	Веб-сторінка була оброблена
s_3	improper_pattern	Веб-сторінка не містить даних для заповнення шаблону

Таблиця 12 – Елементи множини сприйняття зовнішнього середовища агентом А3

Позначення	Назва	Опис
p_1	page_to_be_processed	Веб-сторінка має бути оброблена
p_2	page_not_to_be_processed	Веб-сторінка не має бути оброблена

Таблиця 13 – Дії агента А3

Позначення	Назва	Опис
a_1	kill_A3	Видалення агента А3
a_2	extract_data	Видобути слова із назви, заголовків, структурних елементів веб-сторінки
a_3	save_pattern	Заповнити та зберегти шаблон

Функція сприйняття агента А3 має вигляд:

$$p = \begin{cases} p_1, & \text{якщо } E(s, s_1), \\ p_2, & \text{якщо } E(s, s_2) \vee E(s, s_3). \end{cases}$$

Функція вибору дії агента А3 має наступний вигляд:

$$a = \begin{cases} a_1, & \text{якщо } E(p, p_2) \vee (E(p, p_1) \wedge E(a, a_3)), \\ a_2, & \text{якщо } E(p, p_1), \\ a_3, & \text{якщо } E(p, p_1) \wedge E(a, a_2) \wedge M_L(l) \wedge M_U(u) \wedge M_T(t). \end{cases}$$

Описані моделі можуть бути використані для організації веб-моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ.

Веб-моніторинг результатів наукової діяльності ВНЗ. У даній роботі в якості об'єкту моніторингу розглядається наукова діяльність ВНЗ (рис. 6). У рамках наукової діяльності виділяються три основні напрямки: участь у конференціях, публікації у періодичних виданнях та участь у наукових проектах. В якості джерел даних для моніторингу можна розглядати внутрішні джерела (звіти, офіційна документація, опитування) та зовнішні джерела. Одним із зовнішніх джерел даних є веб-простір, де містяться

свідчення результативності наукової діяльності ВНЗ (сайти ВНЗ, рейтинги ВНЗ, наукометричних баз, конференцій, журналів, персональні сторінки співробітників у соціальних мережах). Наприклад, такі результати можна знайти на сайтах, які публікують рейтинги ВНЗ. Недоліком такого виду джерела даних, як сайти, що публікують рейтинги ВНЗ, є суб'єктивність даних та недоступність інформації про те, як було розраховано кожний показник. Інформація на сайтах наукометричних баз не завжди є відкритою, окрім того ВНЗ авторів статей не завжди вказуються. Персональні веб-сторінки можуть містити інформацію про досягнення авторів, проте ідентифікація особистостей вимагає наявності списку співробітників ВНЗ.

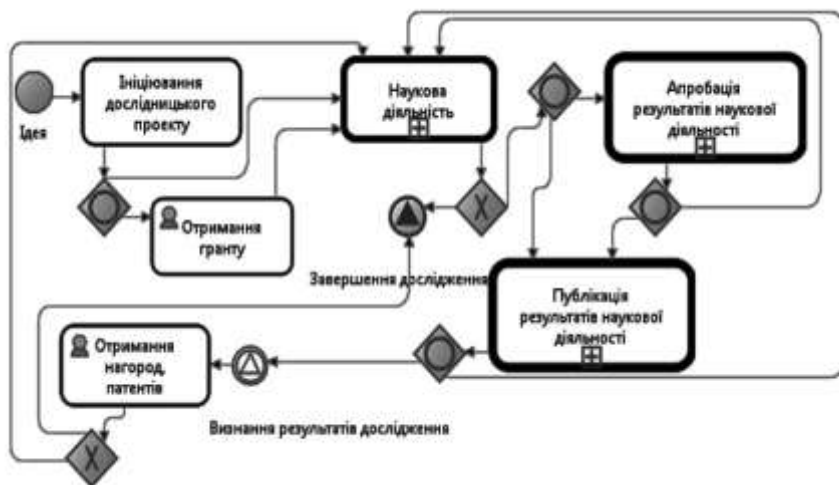


Рис. 6 – Процес організації наукової діяльності у ВНЗ

Розглянемо роботу MAC моніторингу на прикладі збору даних із сайтів наукових конференцій. Участь у конференціях з одного боку є необхідним кроком для апробації наукових ідей та презентації отриманих результатів, а з іншого боку відображає рівень організації та ефективності наукової діяльності у ВНЗ. Наприклад, активність ВНЗ організації конференцій можна оцінити за такими індикаторами, як: активність участі в програмних комітетах, активність участі в організаційних комітетах, ВНЗ в ролі місця проведення конференції, участь в ролі спеціально запрошених гостей. У якості джерел даних для визначення цих індикаторів можна розглядати сайти конференцій.

На основі описаних моделей було реалізовано підсистему пошуку джерел даних MAC веб-моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ (рис. 7).

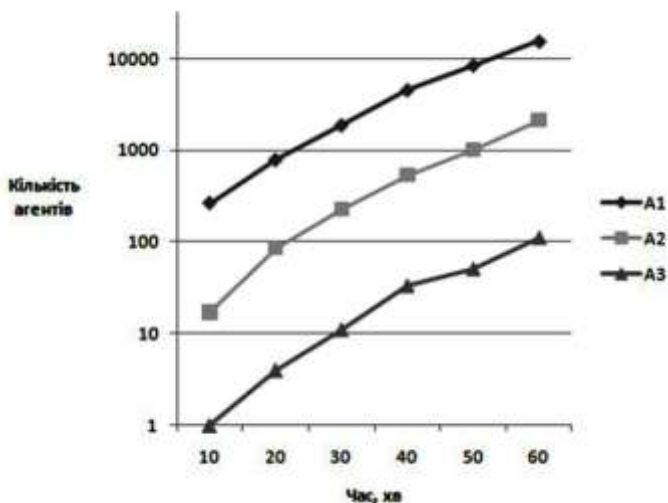


Рис. 7 – Кількість агентів різних типів

Висновки. Отже, у даній роботі було представлено MAC веб-моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ. Формалізація архітектури агентів є необхідною передумовою створення зазначеної програмної системи. За допомогою формальних засобів моделювання можливо описати зовнішнє середовище агента, сприйняття ним цього середовища та послідовність виконання дій. У розроблених агентів підсистеми пошуку джерел даних функція сприйняття зовнішнього середовища подібна до інтелектуальної процедури оцінювання веб-сторінки людиною. Це пояснює використання методу компараторної ідентифікації з метою моделювання процесу оцінювання веб-сторінки на предмет її відповідності темі пошуку, моделі джерела даних для певного показника та моделі шаблону.

Подальші дослідження мають на меті формалізацію функціонування агентів підсистеми видобування даних та вимірювання, що є також складовими частинами системи веб-моніторингу. Окрім цього, особливої уваги заслуговують задачі дослідження MAC веб-моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ з точки зору її гнучкості, масштабованості та здатності до перенесення.

Список літератури: 1. Ландэ Д.В. Поиск знаний в Internet. Профессиональная работа / Д. В. Ландэ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 272 с. 2. Cherednichenko O. Towards Quality Monitoring and Evaluation Methodology: Higher Education Case-Study / O. Cherednichenko, O. Yangolenko // In H.C. Mayr et al. (Eds.): UNISCON 2012, LNBP. – 2013. – vol. 137. – P. 120–127. 3. Cherednichenko O. Monitoring and Evaluation Problems in Higher Education: Comprehensive Assessment Framework Development / O. Cherednichenko, O. Yanholenko, I. Liutenko, O. Iakovleva // Proc. of the 5-th Int. Conf. on Computer Supported Education CSEDU 2013, SCITEPRESS. – 2013. –

P. 455–460. **4.** *Cherednichenko O.* Towards Web-Based Monitoring Framework for Performance Measurement in Higher Education / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko* // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. – 2013. – Vol. 8. – p. 151–155. **5.** *Cherednichenko O.* Web-Based Monitoring and Evaluation: Research Activity Assessment Case Study / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko, O. Iakovleva* // Proceedings in Scientific Conference SCIECONF 2013, EDIS Publishing Institution of the University of Zilina. – 2013. – P. 455–458. **6.** *Cherednichenko O.* Web-Based Monitoring: Multiagent Implementation of Data Sources Searching / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko, A. Norbutaev* // Proceedings in 2-nd Global Virtual Conference. GV-CONF 2014, EDIS Publishing Institution of the University of Zilina. – 2014. – P. 567–570. **7.** *Symeonidis A. L.* Agent Intelligence through Data Mining / *A. L. Symeonidis, P. A. Mitas.*– Aristotle University of Thessaloniki, Springer, 2005. – 201 p. **8.** *Wooldridge M. J.* An introduction to multiagent systems / *M. J. Wooldridge.* – John Wiley& Sons, LTD, 2002. – 348 p. **9.** *Wooldridge M. J.* Intelligent Agents/ *M. J. Wooldridge* // Multiagent Systems. – 2001. – P. 27–79. **10.** *Бугайченко Д. Ю.* Абстрактная архитектура интеллектуального агента и методы ее реализации / *Д. Ю. Бугайченко, И. П. Соловьев* // Системное программирование. – 2005. – С. 36–67. **11.** *Рассел С.* Искусственный интеллект: современный подход, 2е издание / *С. Рассел, П. Норвиг.* – М.: Вильямс, 2006. – 1410 с. **12.** *Бондаренко М. Ф.* Теория интеллекта: Учебник / *М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко.* – Х.: ООО «Компания СМІТ», 2006. – 576 с. **13.** *Бондаренко М. Ф.* Мозгоподобные структуры: Справочное пособие. Том первый / *М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко.* – К.: Наукова думка, 2011. – 460 с.

Bibliography (transliterated): **1.** Lande D. V. Poiskznaniy v Internet. Professionalnaya rabota / D. V. Lande. – M.: Izdatelskiy dom «Vilyams», 2005. **2.** *Cherednichenko O.* Towards Quality Monitoring and Evaluation Methodology: Higher Education Case-Study / *O. Cherednichenko, O. Yangolenko* // In H.C. Mayr et al. (Eds.): UNISCON 2012, LNBIP. – 2013. – Vol. 137. – P. 120–127. **3.** *Cherednichenko O.* Monitoring and Evaluation Problems in Higher Education: Comprehensive Assessment Framework Development / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko, I. Liutenko, O. Iakovleva* // Proc. of the 5-th Int. Conf. on Computer Supported Education CSEDU 2013, SCITEPRESS. – 2013. – P. 455–460. **4.** *Cherednichenko O.* Towards Web-Based Monitoring Framework for Performance Measurement in Higher Education / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko* // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. – 2013. – Vol. 8. – P. 151–155. **5.** *Cherednichenko O.* Web-Based Monitoring and Evaluation: Research Activity Assessment Case Study / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko, O. Iakovleva* // Proceedings in Scientific Conference SCIECONF 2013, EDIS Publishing Institution of the University of Zilina. – 2013. – P. 455–458. **6.** *Cherednichenko O.* Web-Based Monitoring: Multiagent Implementation of Data Sources Searching / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko, A. Norbutaev* // Proceedings in 2-nd Global Virtual Conference. GV-CONF 2014, EDIS Publishing Institution of the University of Zilina. – 2014. – P. 567–570. **7.** *Symeonidis A. L.* Agent Intelligence through Data Mining / *A. L. Symeonidis, P. A. Mitas.*– Aristotle University of Thessaloniki, Springer, 2005. – 201 p. **8.** *Wooldridge M. J.* An introduction to multiagent systems / *M. J. Wooldridge.* – John Wiley& Sons, LTD, 2002. – 348 p. **9.** *Wooldridge M. J.* Intelligent Agents/ *M. J. Wooldridge* // Multiagent Systems. – 2001. – P. 27–79. **10.** *Bugaychenko D. Yu.* Abstraktnaya arhitektura intelektualnogo agenta i metody iee realizatsii / *D. Yu. Bugaychenko, I. P. Solovjev* // Sistemnoe programmirovaniye. – 2005. – P. 36–67. **11.** *Rassel S.* Iskusstvennyiy intellekt: sovremennyyi podhod, 2e izdaniye / *S. Rassel, P. Norvig.* – M.: Vilyams, 2006. **12.** *Bondarenko M. F.* Teoriya intellekta: Uchebnik / *M. F. Bondarenko, Yu. P. Shabanov-Kushnarenko.* – H.: ООО «Kompaniya SMIT», 2006. **13.** *Bondarenko M. F.* Mozgopodobnyie struktury: Spravochnoe posobie. Tom pervyyiy / *M. F. Bondarenko, Yu. P. Shabanov-Kushnarenko.* – K.: Naukova dumka, 2011.

Надійшло (received) 05.09.2014

І. П. ГАМАЮН, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;
О. М. БЕЗМЕНОВА, асп., НТУ «ХПІ»

ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ СХОЖОСТІ МІЖ ОБ'ЄКТАМИ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬСЯ ПАРАМЕТРАМИ, ВИМІРЮВАНИМИ В РІЗНИХ ШКАЛАХ ВИМІРУ

Як складова частина задач кластеризації (класифікації об'єктів) розв'язується задача оцінювання ступеня подібності об'єктів, що описуються ознаками, вимірюваними в різних шкалах, а саме, у шкалі найменувань (номінальні ознаки) і в кількісній шкалі. Запропоновано коефіцієнт ступеня подібності об'єктів, описуваних номінальними ознаками. За наявності ознак, що відносяться до різних шкал, пропонується використовувати розроблений у статті комбінований коефіцієнт ступеня схожості. Зроблено висновки про властивості запропонованих показників ступеня схожості.

Ключові слова: кластеризація, класифікація об'єктів, шкала найменувань, номінальні ознаки, коефіцієнт ступеня подібності, комбінований коефіцієнт ступеня схожості.

Вступ. Добре відомо, що в суспільстві, керованому інформаційними технологіями, знання – найістотніший актив у будь-якій організації. У найрізноманітніших галузях аналіз інформації, що описує складні системи, застосовується техніка кластеризації. Дж. Хартиган [1] дав прекрасний огляд багатьох опублікованих досліджень, що містять результати, отримані методами кластерного аналізу. Наприклад, у галузі медицини кластеризація захворювань, лікування захворювань або симптомів захворювань приводить до широко використовуваної таксономії. У області психіатрії правильна діагностика кластерів симптомів, таких як параноя, шизофренія і так далі, є вирішальною для успішної терапії. У археології за допомогою кластерного аналізу дослідники намагаються встановити таксономію кам'яних знарядь, похоронних об'єктів тощо. Відомі широкі застосування кластерного аналізу в маркетингових дослідженнях. Загалом, усякий раз, коли необхідно класифікувати «гори» інформації до придатних для подальшої обробки груп, кластерний аналіз виявляється дуже корисним і ефективним. Використання методів інтелектуального аналізу в технічній діагностиці дозволяє виявляти дефекти і несправності на ранніх етапах та усувати відмови в процесі технічного обслуговування, що підвищує надійність і ефективність експлуатації, а також дає можливість експлуатації технічних систем відповідального призначення.

Кластерний аналіз є не стільки звичайним статистичним методом, скільки «набором» різних алгоритмів «розподілу об'єктів по кластерах». Існує точка зору, що на відміну від багатьох інших статистичних процедур, методи кластерного аналізу використовуються у більшості випадків тоді, коли ви не маєте яких-небудь апріорних гіпотез відносно класів, але все ще

© І. П. Гамаюн, О. М. Безменова, 2014

знаходиться в описовій стадії дослідження. Слід розуміти, що кластерний аналіз визначає «найбільш можливо значимий розв'язок» [1].

Успішне застосування інтелектуального аналізу даних у таких вельми помітних областях, як електронна комерція, маркетинг та роздрібна торгівля призвела до його застосування в інших галузях і секторах. Серед цих галузей лише розкривається охорона здоров'я. Охорона здоров'я навколишнього середовища все ще залишається інформаційно багатою, але бідною на знання галуззю [2]. Медична діагностика розцінюється як важливе, поки що складне завдання, яке треба виконувати точно і ефективно. Автоматизація цієї системи була б надзвичайно вигідна. Нажаль лікарі не мають компетенції у кожній вузькій спеціалізації і, окрім того, існує нестача людських ресурсів в певних місцях. Тому, автоматична медична система діагностики, ймовірно, була б надзвичайно вигідна, зводячи усіх їх разом. Відповідна комп'ютерна інформаційна система і/або системи забезпечення прийняття рішень може допомогти в досягненні клінічних випробувань за менші кошти. Існує безліч даних, доступних в рамках системи охорони здоров'я. Тим не менш, існує недостатня кількість ефективних інструментів аналізу, направлених на виявлення прихованих взаємозв'язків та тенденцій в даних.

Проблема оцінювання ступеня схожості об'єктів. Важливим у цьому відношенні є питання, пов'язане з вибором системи параметрів, що описують стан об'єктів, а також показників ступеня схожості. Досить опрацьованими є методи оцінювання ступеня зв'язку між параметрами (див., наприклад, [3, 4]). Задачі класифікації об'єктів є, в деякій мірі, двоїстими по відношенню до групування параметрів. Якщо об'єкти описуються ознаками, що носять кількісний характер, то ступінь їх подібності найчастіше оцінюється за допомогою різного роду мір, що базуються на відстані Евкліда. Однак у таких галузях науки, як медицина, психологія, соціологія і т. п. значна частина параметрів має якісний характер і вимірюється в дискретних шкалах – шкалі найменувань і порядковій шкалі. При цьому об'єкт може характеризуватися параметрами з різних шкал.

Далі припускається, що досліджувана множина об'єктів може описуватися системою ознак, описуваних з використанням як кількісних, так і якісних шкал. Якщо кожен об'єкт описується кількісними властивостями (ознаками), то він може бути представлений як точка в багатогвимірному просторі, а схожість з іншими об'єктами визначатиметься як відповідна відстань.

При класифікації використовуються різні міри відстані між об'єктами. Для кількісних ознак оцінювання ступеня подібності між об'єктами можна здійснювати на основі якої-небудь модифікації відстані Евкліда. Оскільки ознаки мають різні розмірності, попередньо необхідно здійснювати їх нормування з метою отримання безрозмірних величин, змінюваних в одному діапазоні для забезпечення можливості їх співвіднесення. У той же час наявність якісних ознак вимагає використання інших підходів при оцінюванні ступеня схожості.

Коефіцієнт ступінь схожості об'єктів для номінальних ознак. Нехай є система з n об'єктів O_1, O_2, \dots, O_n , описуваних m ознаками, з них ознаки $X_1^i, X_2^i, \dots, X_{m_n}^i$ вимірюються в кількісній шкалі, а ознаки $X_1^k, X_2^k, \dots, X_{m_k}^k$ – у шкалі найменувань ($m_n + m_k = m$). Будемо вважати, що ця система описується матрицею X розміром $n \times m$, що має наступний вигляд:

$$X = \begin{pmatrix} X_1^H & X_2^H & \dots & X_{m_n}^H & X_1^K & X_2^K & \dots & X_{m_k}^K \\ \left(\begin{array}{cccccccc} x_{11}^H & x_{12}^H & \dots & x_{1m_n}^H & x_{11}^K & x_{12}^K & \dots & x_{1m_k}^K \\ x_{21}^H & x_{22}^H & \dots & x_{2m_n}^H & x_{21}^K & x_{22}^K & \dots & x_{2m_k}^K \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1}^H & x_{n2}^H & \dots & x_{nm_n}^H & x_{n1}^K & x_{n2}^K & \dots & x_{nm_k}^K \end{array} \right) & O_1 \\ & & & & & & & & O_2 \\ & & & & & & & & \dots \\ & & & & & & & & O_n \end{pmatrix}$$

Якщо обмежитися тільки номінальними ознаками, то як міру відмінності між двома об'єктами O_k і O_l можна використовувати аналог відстані Хеммінга:

$$H(O_k, O_l) = \sum_{j=1}^{m_n} (x_{kj}^H \neq x_{lj}^H), \quad j = \overline{1, m_n}.$$

Пропонується як міру схожості використовувати нормований показник h_{kl} виду

$$h_{kl} = 1 - \frac{1}{m_n} H(O_k, O_l), \quad k, l = \overline{1, m_n}.$$

Легко довести, що побудований таким способом показник ступеня схожості має такі властивості:

- $0 \leq h_{kl} \leq 1$;
- $h_{kl} = 1$ тоді і тільки тоді, коли для всіх значень j з діапазону $0, 1, \dots, m_n$ виконується співвідношення $x_{kj}^H = x_{lj}^H$, тобто у разі абсолютного збігу відповідних значень всіх номінальних ознак, що описують об'єкти O_k і O_l (зокрема, цьому значенню дорівнюватиме ступінь подібності будь-якого об'єкта з самим собою);
- $h_{kl} = 0$ тоді і тільки тоді, коли для всіх значень j з діапазону $0, 1, \dots, m_n$ виконується співвідношення $x_{kj}^H \neq x_{lj}^H$.

Таким чином, показник h_{kl} є коефіцієнтом схожості, аналогічним до деякої міри модулю коефіцієнта кореляції, який використовується для оцінки та порівняння ступеня лінійних зв'язків між кількісними ознаками.

Комбінований коефіцієнт ступеня схожості. Нехай величина δ_{kl} оцінює ступінь схожості між об'єктами O_k і O_l , що описуються m_k кількісними ознаками, причому будемо вважати, що вона має властивості, аналогічні властивостям коефіцієнта h_{kl} .

У якості агрегованої міри схожості між об'єктами O_k і O_l , що характеризуються кількісними та номінальними ознаками, пропонується використовувати величину, яка визначається за формулою:

$$\zeta_{kl} = \frac{m_k \delta_{kl} + m_n h_{kl}}{m_k + m_n}.$$

Висновки. Для оцінювання ступінь схожості об'єктів, описуваних ознаками, вимірюваними в шкалах різних типів, запропоновано формувати коефіцієнт ступеня схожості за допомогою комбінування коефіцієнтів ступеня схожості, побудованих для кожного з типів ознак окремо. Для об'єктів, описуваних номінальними ознаками, розроблений коефіцієнт ступеня схожості, властивості якого аналогічні властивостям коефіцієнта кореляції. Цей показник дозволяє не тільки оцінювати ступінь схожості об'єктів, а й, будучи розподілений на інтервалі від 0 до 1, забезпечує можливість порівняння ступенів схожості навіть у тому випадку, коли пари об'єктів описуються різними наборами ознак.

Список літератури: 1. *Hartigan J. A. Clustering Algorithms / J. A. Hartigan.* – New York : Wiley, 1975. – 351 p. 2. *Jyoti Soni, Ujma Ansari, Dipesh Sharma, Sunita Soni.* Predictive Data Mining for Medical Diagnosis: An Overview of Heart Disease Prediction / *Soni Jyoti, Ansari Ujma, Dipesh Sharma, Soni Sunita // International Journal of Computer Applications.* – Volume 17. – No. 8, March 2011. 3. *Елисеєва И. И.* Статистические методы измерения связей / *И. И. Елисеєва.* – Л. : Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1982. – 136 с. 4. *Елисеєва И. И.* Группировка, корреляция, распознавание образов / *И. И. Елисеєва, В. О. Рукавишников.* – М. : Статистка, 1977. – 144 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Hartigan, J. A. Clustering Algorithms.* New York: Wiley, 1975. Print. 2. *Jyot, Soni, et al.* "Predictive Data Mining for Medical Diagnosis: An Overview of Heart Disease Prediction." *International Journal of Computer Applications* 17.8 (2011). Print. 3. *Eliseeva, I. I.* *Statisticheskie metody izmerenija svyazej.* Leningrad: Izd vo Leningr. gos. un-ta, 1982. Print. 4. *Eliseeva, I. I., and V. O. Rukavishnikov.* *Gruppirovka, korreljacija, raspoznavanie obrazov.* Moscow: Statistka, 1977. Print.

Надійшла (received) 05.02.2014

Д. Л. ОРЛОВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент НТУ «ХПІ»;
М. С. ПИЛИПЕЦЬ, студент НТУ «ХПІ»

АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ТОРГІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЗА ДОПОМОГОЮ ВІ-ЗАСОБІВ

У статті розглядаються питання аналізу діяльності торговельного підприємства за допомогою Ві-засобів. Пропонуються рішення та підходи, щодо уникнення виникаючих при цьому певних проблем та обмежень. Також розглядаються питання формування та ранжування ключових показників ефективності діяльності підприємства.

Ключові слова: аналіз діяльності підприємства, BSC, ранжування KPI, інтелектуальний аналіз даних, проблемна ситуація, імітаційне моделювання, Ві-засоби.

Вступ. У сучасній швидкоплинній економічній ситуації неможливо досягнути позитивних результатів, не плануючи своїх дій і не прогнозуючи їх наслідків. Кожне підприємство, яке функціонує в умовах ринкової економіки та господарської нестабільності, визначає стратегію свого розвитку з огляду на існуюче господарське оточення. Тому, для ефективного функціонування підприємства потрібно постійно проводити аналіз його діяльності та перевіряти відповідність її результатів вимогам та потребам споживачів. На основі отриманої інформації завчасно приймати рішення, щодо заходів по усуненню поточних проблем, підвищенню ефективності роботи підприємства та, як наслідок, збільшення його прибутків.

Формування KPI діяльності торговельного підприємства. Стан торговельного підприємства може бути представлений у вигляді сукупності значень показників, які відображають у свою чергу процеси, протікаючи у підприємстві. Облік та аналіз показників ефективності торговельного підприємства, проводиться на основі концепції збалансованої системи показників (Balanced Scorecard – BSC), що представляє собою систему стратегічного управління організацією на підставі вимірювання та оцінки ефективності її діяльності за набором показників. Показники обираються таким чином, щоб врахувати всі суттєві (з точки зору стратегії) аспекти діяльності організації (фінансові, маркетингові, виробничі і т. ін.) [1].

Важливим етапом проведення аналізу діяльності торгового підприємства є проведення ранжування показників ефективності за ступенем їх значущості. Таке ранжування допомагає сфокусувати увагу ОПП на найбільш значущих показниках, контроль яких має найбільшу важливість для успішного функціонування підприємства.

В роботі був використаний метод експертної оцінки для ранжирування показників ефективності за ступенем їх значущості [2].

На першому етапі визначається вага значущості кожної якості, якими повинен володіти експерт. На основі методу парних порівнянь якостей складається матриця переваг. Парне порівняння являє собою процедуру встановлення переваги об'єктів при порівнянні всіх можливих пар. При порівнянні будь-якої пари об'єктів можливе або відношення строгого порядку, або відношення еквівалентності. Результати порівняння всіх пар зводяться в таблицю, в рядках і стовпцях якої представлені якості, а в клітинах таблиці - числові значення уподобань. У роботі при заповненні матриці пропонується використовувати такі числові представлення: якщо i -а якість важливіша ($i+1$)-ї якості, то у осередку ($i, i+1$) ставиться 2, в іншому випадку – 0, якщо якості однаково важливі – 1. Після заповнення матриці переваг визначається оцінка кожної якості та її ранг. Оцінка i -ї якості, визначається шляхом складання усіх балів у відповідній строці матриці переваг якостей експертів. Загальна сума оцінок дорівнює n^2 , де n - кількість якостей. Процедура ранжування передбачає встановлення відносної переваги якостей на основі їх впорядкування. В результаті, кожному з них ставляться у відповідність числа натурального ряду – ранги (1, 2, 3, ..., n). Найбільш переважній якості, що має найвищу оцінку, присвоюється ранг, рівний одиниці, другому – ранг, рівний двом тощо. Еквівалентним якостям присвоюється однаковий ранг.

Коефіцієнт значущості, або вага i -ї якості, визначається по формулі:

$$V_i = \frac{x_{ci}}{n^2},$$

де x_{ci} – сума оцінок якостей по i -й строці матриці попарних порівнянь.

На другому етапі визначається рівень компетентності експертів, кожен з яких володіє певним набором якостей. В оцінці якостей експертів, що оцінюють ризики, беруть участь компетентні фахівці. Кожна якість деталізується, виділяється 3 рівні: високий (оцінюється в 40 балів), середній (30 балів) і низький (10 балів). Загальна оцінка, отримана кожним експертом, визначається за формулою:

$$A_l = \sum_{j=1}^m V_i \cdot a_{ij},$$

де a_{ij} – оцінка i -ї якості l -го експерта, оцінюючого показники, що надана j -м компетентним фахівцем.

Далі визначається рівень компетентності експертів з умов:

- якщо $A_l < 25$, то рівень компетентності дорівнює 1;
- якщо $25 < A_l < 30$, то рівень компетентності дорівнює 2;

- якщо $A_I > 30$, то рівень компетентності дорівнює 3.

Для виявлення найбільш значущих показників проводиться анкетування обраної групи експертів.

Кожен з експертів проставляє важливість показника I_q та його проблемність P_q за п'ятибальною шкалою.

Індекс значимості показника, на розглянутому проміжку часу функціонування підприємства, визначається за формулою:

$$E_q = I_q \cdot P_q$$

При визначенні підсумкового індексу значимості необхідно враховувати рівень компетентності експерта. Для цього необхідно помножити індекс значимості показника, проставлений конкретним експертом, на рівень компетентності цього експерта.

Підсумковий індекс значимості x_{cq} обчислюється як середнє арифметичне значення оцінок (з урахуванням компетентності експертів) q -го показника та визначається по формулі:

$$x_{cq} = \frac{\sum_{j=1}^m E_{qj}}{m},$$

де E_{qj} – оцінка q -го показника, дана j -м експертом, з урахуванням його компетентності;

m – кількість експертів, що брали участь в опитуванні.

Ступінь узгодженості оцінок експертів по q -му показнику визначається коефіцієнтом варіації:

$$W_q = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (E_{qj} - x_{cq})^2}{m}} \cdot x_{cq}.$$

При $W_q < 0,1$ узгодженість оцінок експертів по i -му показнику вважається високою, при $0,1 < W_q < 0,15$ – вище за середню, при $0,15 < W_q < 0,25$ – середньою, при $0,25 < W_q < 0,35$ – нижче середньої, при $W_q > 0,35$ – низькою.

Застосування імітаційного моделювання для аналізу змін фактичних траєкторій значень показників ефективності. Для запобігання появленню проблемних ситуацій у функціонуванні підприємства необхідно завчасно встановлювати ймовірний характер змін фактичних траєкторій КРІ на наступний обліковий період. У разі, якщо прогнозується вихід фактичної

траєкторії за допустимі обмеження, необхідно завчасно приймати відповідні заходи щодо корегування змін траєкторії.

Практика ведення сучасного бізнесу показала, що зміна значень показників діяльності торгового підприємства в більшості випадків підпорядковується нормальному закону розподілу [3]. Для встановлення тенденції зміни фактичної траєкторії значень показників ефективності на один звітний період вперед, було застосовано імітаційне моделювання на основі використання генерації випадкових величин за нормальним законом розподілу. Формування вихідних даних (математичне очікування, середньоквадратичне відхилення), необхідних для генерації нормальної випадкової величини, здійснювалося на основі ретроспективного аналізу накопичених статистичних даних про діяльність торгового підприємства [4].

Вибір програмних засобів для підтримки вирішення задачі аналізу діяльності торговельного підприємства. Для вирішення задач збереження, аналітичної обробки інформації та пошуку неявних взаємозв'язків в наборах даних використовуються методи математичної статистики, теорії баз даних, теорії штучного інтелекту та ряду інших областей, що разом формують технології аналітичного (OLAP) та інтелектуального аналізу даних (DataMining). При проведенні аналізу діяльності торговельного підприємства, для проведення інтелектуального аналізу даних, було обрано програмні продукти SQL Server Analysis Services (SSAS) та BI Development Studio (DS). Цей вибір був обумовлений тим, що наведені програмні продукти містять найбільш популярні DM-алгоритми, необхідні для проведення аналізу діяльності торговельного підприємства та є безкоштовними (у разі їх використання в учбових цілях). Для прогнозування розвитку фактичних траєкторій KPI, з метою формування планових траєкторій, було використано DM-алгоритм MS Time Series. Цей алгоритм було обрано через те, що він дозволяє створювати моделі, призначені для прогнозування значень безперервних змінних за часом з використанням як OLAP, так і реляційних джерел даних. Дослідження проводилося на прикладі підприємства, що спеціалізується з продажів автомобільних запчастин та розхідних матеріалів. В якості прикладу було проведено прогнозування показника "Кількість проданих фільтрів очистки моторного мастила". Для прогнозування було створено DM модель, з застосуванням алгоритму MS Time Series.

В результаті аналізу отриманих прогнозних даних, було встановлено, що прогноз не відповідає дійсності з великою похибкою. Причиною було виявлено те, що алгоритм потребує на вхід згладжені дані, через відсутність вбудованих методів розпізнавання та відповідної обробки так званих "викидів", які є характерними при аналізі діяльності торговельної фірми [5].

Для вирішення проблеми обробки "викидів" алгоритмом MS Time Series було розроблено спеціальну процедуру у сховищі даних, за допомогою якої до DM моделі заносилися дані з експоненціальним згладжуванням. В результаті проведеного дослідження було встановлено, що попереднє

згладжування вхідних даних призводить до побудови більш точного прогнозу алгоритмом Microsoft Time Series.

Розробка прикладного програмного забезпечення. При проведенні аналізу діяльності підприємства безпосередньо засобами SSAS та BI DS, виникають певні незручності, які знижують ефективність процесу. Для перенесення даних з оперативної бази даних підприємства до сховища даних, аналітик повинен знати особливості роботи з ETL-процедурами у середовищі BI DS. Для попередньої обробки даних (згладжування) аналітику необхідно знати мову SQL, особливості роботи з базами даних та, зокрема, зі збереженими процедурами, а також мати навички роботи з MS SQL Server. Також недоліком засобів SSAS та BI DS є те, що вони не дозволяють одночасно будувати фактичні, планові та траєкторії обмежень KPI та автоматично фіксувати наявні проблемні ситуації. Для усунення наведених недоліків та перешкод під час застосування SSAS та BI DS, було розроблено спеціальне програмне забезпечення. Розроблене ПЗ взаємодіє з SSAS та BI DS з метою використання DM-алгоритмів та іншого потрібного функціоналу, що реалізовано у цих програмних засобах та, водночас, дозволяє уникнути незручностей, які їм притаманні під час проведення аналізу діяльності торговельного підприємства. За допомогою UML було розроблено діаграму варіантів використання програмного забезпечення для аналізу KPI системним аналітиком, яку представлено на рисунку 1.

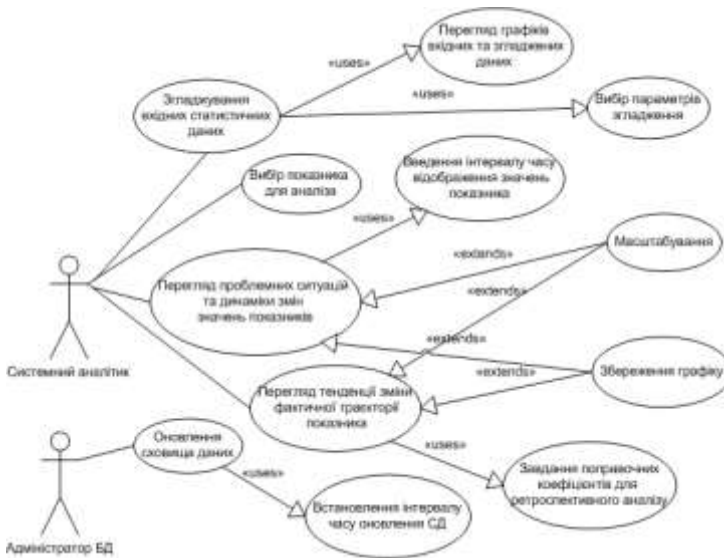


Рис. 1 – Діаграма варіантів використання

Місце спроектованого додатка у загальній інформаційній системі підприємства та його взаємодія з іншими компонентами розробленого програмного забезпечення були представлено за допомогою узагальненої схеми (рис. 2). Додаток встановлюється на робочому місці системного аналітика, та через інтерфейс ODBC взаємодіє зі сховищем даних, звідки до нього надходять необхідні статистичні дані для побудови планової та фактичної траєкторій значень показників ефективності, виявлення проблемних ситуацій, їх візуалізації, та встановлення тенденції зміни значень фактичних значень показників. Також додаток взаємодіє з MS Integration Services під час виконання функції синхронізації сховища даних з оперативною базою даних.

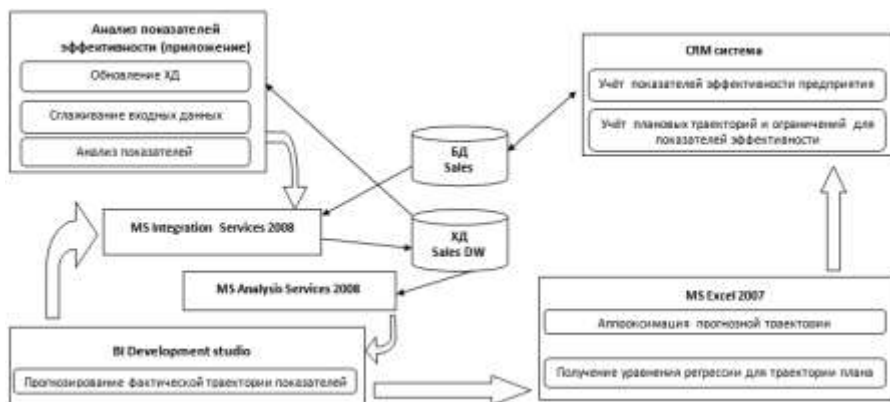


Рис. 2 – Узагальнена схема прикладного ПЗ

Контрольні розрахунки та аналіз отриманих результатів. Для контрольних розрахунків використовувалися дані комерційного підприємства в цілому відповідні його реальній діяльності. Аналізувався період з 2000 по 2010 рік. Наведені результати відносяться до інтервалу 2000 р. – 2004 р., який, на думку керівництва, характеризувався найбільш стабільною роботою підприємства, та який можна було обрати в якості еталонного.

В якості прикладу, було обрано відповідний показник (Кількість проданих фільтрів очистки моторного мастила) зі списку та встановлено інтервал відображення динаміки зміни його значень (починаючи з січня 2000 року та закінчуючи груднем 2004 року). В результаті у вигляді графіка було отримано фактичну траєкторію значень показника та планову траєкторію з обмеженнями. Також на графіку було представлено проблемні ситуації по показнику за встановлений період часу, (рис. 3). Наступним кроком було проведено аналіз показника на виявлення можливих проблемних ситуацій за вересень та жовтень 2004 року. Для цього спочатку було введено поправочні коефіцієнти для попередніх чотирьох років. Ці коефіцієнти необхідні для

проведення ретроспективного аналізу даних, та формування на його основі тенденції зміни фактичної траєкторії значень показника після проблемної ситуації на наступний звітний період. Далі, для кожного місяця, що аналізувався, було отримано тенденцію розвитку на наступний звітний період, яку представлено на рисунку 4.

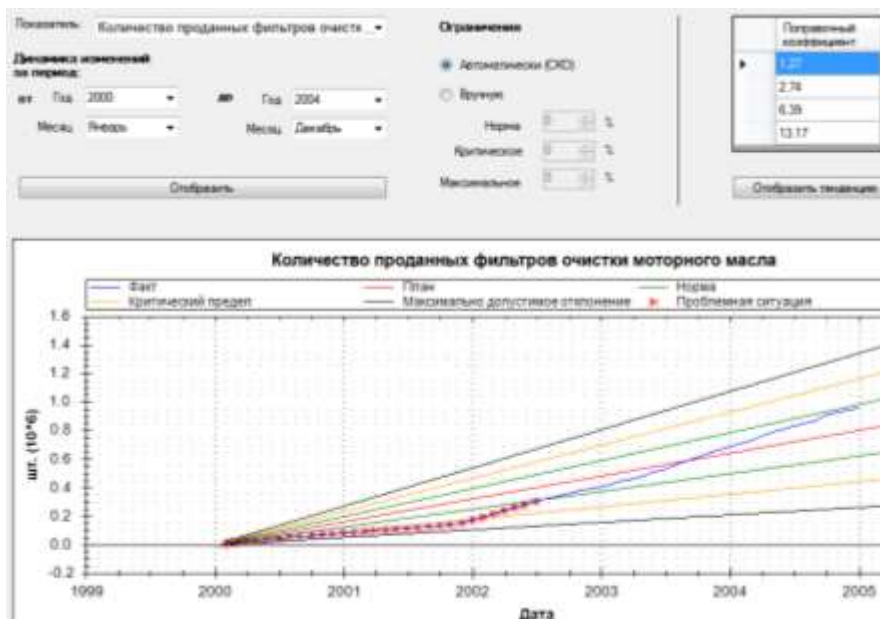


Рис. 3 – Динаміка змін значень показника "Количество проданных фильтров очистки моторного масла" за період січень 2000 р. – грудень 2004 р.

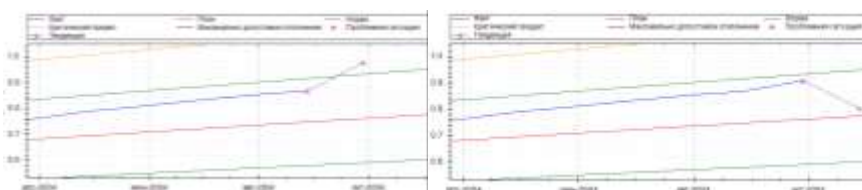


Рис. 4 – Тенденція зміни фактичної траєкторії (вересень 2004 року)

Збіг отриманих результатів з результатами ручних розрахунків, та розрахунків за допомогою додатка Microsoft Excel 2007 дозволяє зробити висновок, що тенденція, яку отримують в результаті використання розробленого додатка, відповідає дійсності.

Висновки. Застосування розробленого програмного забезпечення дозволить ОПР аналізувати стан підприємства у часі в автоматизованому

режимі, що скоротить час необхідний для прийняття рішень та буде підвищувати ефективність цих рішень. Розроблений програмний модуль аналізу проблемних ситуацій допоможе ОПР встановити критичність проблемних ситуації, що виникли, та завчасно застосувати заходи щодо уникнення нових проблемних ситуацій у функціонуванні торгового підприємства. Це дозволить більш раціонально використовувати ресурси підприємства та планувати його діяльність, що як наслідок буде зменшувати витрати та підвищувати прибутки.

Список літератури: 1. Kaplan R. S. The Balanced Scorecard. Measures thendrive Performance/ Kaplan R. S., Norton D. P. // Harvard Business Review. – 1992. – Vol. 70. – N 1.– P. 71–79. 2. Кукушкин В. А. Календарное планирование в строительстве: Учебное пособие / В. А. Кукушкин, Т. Ф. Морозова. – СПб. : ПЭИПК, 2007. – 72 с. 3. Остапенко С. Б. Контроль исполнения бюджета //«Финансовый директор», № 10 за 2006 год, <http://www.prestima.ru/article/3447915> 4. Пилипець М. С. Оцінка тенденції змін траєкторій показників діяльності торговельного підприємства за допомогою імітаційного моделювання [Текст] / Пилипець М. С., Орловський Д. Л. // Международная научная конференция MicroCAD : Секция №1 - Информационні та управляючі системи - НТУ "ХПИ", 2014. – С. 16. 5. Пилипець М. С. Дослідження особливостей використання ВІ рішень Microsoft при аналізі діяльності торговельного підприємства [Текст] / Пилипець М. С., Орловський Д. Л. // Студенческая конференция магистрантов : Інформаційні та управляючі системи - НТУ "ХПИ", 2014. – С. 47–48.

Bibliography (transliterated): 1. Kaplan R. S., D. P. Norton The Balanced Scorecard. – Measures thendrive Performance. *Harvard Business Review*. 70 (1). (1992): 71–79. Print. 2. Kukushkin V. A., and T. F. Morozova "Kalendarnoe planirovanie v stroitel'stve". Sankt-Peterburg: PJeIPK, 2007. Print. 3. Ostapenko S. B. Kontrol' ispolnenija bjudzheta. *Finansovyy direktor*. 10. (2006): 8–15. Web. 15 March 2014 < <http://www.prestima.ru/article/3447915>>. 4. Pylypec' M. S., and D. L. Orlovs'kyj "Ocinka tendencii' zmin trajektorij pokaznykiv dijal'nosti torgivel'nogo pidpryjemstva za dopomogoj u imitacijnogo modeljuvannja". *Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencyja MicroCAD : Sekcija №1 - Informacijni ta upravljajuchi systemy*. Kharkiv: NTU "KhPI", 2014. 16. Print. 5. Pylypec' M. S., and D. L. Orlovs'kyj "Doslidzhennja osoblyvostej vykorystannja BI-rishen' Microsoft pry analizi dijal'nosti torgivel'nogo pidpryjemstva. *Studencheskaja konferencyja magystrantov : Informacijni ta upravljajuchi systemy*". Kharkiv: NTU "KhPI", 2014. 47–48. Print.

Надійшла (received) 16.05.2014

РЕФЕРАТИ

УДК 004.9

Улучшение качества процесса разработки программного обеспечения на основе методов последовательного анализа вариантов и локальной оптимизации / М. Д. Годлевский, Э. Е. Рубин, А. А. Голоскокова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 5–10. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0023.

Пропонується спільне використання методу локальної оптимізації та алгоритму послідовного аналізу варіантів для поліпшення якості процесу розробки програмного забезпечення. На підставі отриманого результату були зроблені висновки, що спільне використання методів забезпечує зменшення кількості можливих варіантів розвитку даного процесу розробки.

Ключові слова: якість, програмне забезпечення, локальна оптимізація, послідовний аналіз варіантів

УДК 519.2

Разработка прототипа та дослідження продуктивності маркерної мобільної системи доповненої реальності / О. В. Векшин, М. В. Ткачук, М. О. Пантелєв // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 11–18. – Бібліогр.: 21 назв. – ISSN 2079-0023.

В роботі надається огляд сучасних технологій функціонування та розробки мобільних систем доповненої реальності, розглядаються приклади таких систем. Пропонується архітектурна модель адаптивної маркерної мобільної системи доповненої реальності та розглядається побудова прототипу такої системи на платформі Google Android з використанням Metaio SDK. Зроблено висновки про продуктивність таких мобільних систем та можливі методи вирішення проблем високого часу обробки даних.

Ключові слова: мобільні інформаційні систем, доповнена реальність, програмне забезпечення, мобільні системи доповненої реальності, Android, Metaio.

УДК 621.372

Аналіз електронних фільтрів Баттерворта чисельними методами / В. П. Северин, О. М. Нікуліна, В. С. Буряковський // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 19–24. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0023.

Створено математичні моделі електронних фільтрів Баттерворта різних порядків. На основі матричних методів інтегрування систем диференціальних рівнянь розроблені алгоритми та програми для обчислення перехідних процесів в фільтрах та їх прямих показників якості. Розраховані амплітудно-частотні характеристики, перехідні процеси та прямі показники якості фільтрів Баттерворта різних порядків.

Ключові слова: електронні фільтри, фільтр Баттерворта, математична модель, передавальна функція, перехідні процеси, прямі показники якості.

УДК 519.2

К вопросу о применении методики скоринга к задаче формирования портфеля ценных бумаг / В. А. Гужва, А. Г. Соколова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 25–31. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0023.

Запропонована методика портфельної оптимізації, яка є альтернативною по відношенню до класичної. Методика заснована на моделі скорингу цінних паперів, представленої у вигляді формули згортки нормованих оцінок доходності, ризику та ліквідності цінних паперів. Результатом розрахунку за цією моделлю для кожного виду цінних паперів є коефіцієнт

інвестиційної привабливості, пропорційно значенню якого визначаються частки цінних паперів у портфелі.

Ключові слова: цінні папери, скоринг, прибутковість, ліквідність, ризик, коефіцієнт інвестиційної привабливості.

УДК 658.506

Про один підхід до формування рекомендацій щодо удосконалення бізнес-процесів, пов'язаних з постачанням продукції / Д. Л. Орловський, А. М. Копп // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 32–41. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0023.

Пропонується підхід до формування рекомендацій щодо удосконалення бізнес-процесів, пов'язаних з постачанням продукції, на основі аналізу значень планових та фактичних показників логістичних бізнес-процесів моделі, та подальшого визначення бізнес-процесів, які потребують удосконалення. Для визначення планових показників бізнес-процесів пропонується вирішувати задачу визначення оптимального обсягу замовлення продукції.

Ключові слова: постачання, управління процесами, процесний підхід, бізнес-процеси, торгівельне підприємство, модель SCOR.

УДК 658.506-796.3

Розпізнавання стану футбольного клубу за допомогою збалансованої системи показників / І. О. Бочарніков, Д. Л. Орловський // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 42–51. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0023.

Пропонується підхід до вирішення задачі розпізнавання стану футбольного клубу, на основі здобутої у результаті збору статистичної інформації по ключовим показникам ефективності діяльності футбольного клубу. Виділені ключові показники діяльності, які притаманні футбольному клубу, розроблена база даних для збереження та обробки статистичних даних, зроблено висновок щодо стану футбольного клубу.

Ключові слова: розпізнавання стану, збалансована система показників, база даних, проблемна ситуація, футбольний клуб, показники діяльності, ситуаційне управління, програмне забезпечення.

УДК 658.012

Рекурентний метод найменших квадратів обробки нечітких вимірювань / Ямен Хазім, В. О. Головка, М. М. Старова. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х.: НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 52–57. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-0023.

Проведено аналіз традиційного підходу до задачі обробки часового ряду. Сформовано його недоліки, пов'язані з необхідністю зберігання безперервно поповнюваного масиву вимірів і неврахуванням різної користості «старих» і «свіжих» вимірів. Обгрунтовано застосування рекурентного варіанту методу найменших квадратів. Запропоновано процедуру реалізації рекурентної обробки вимірів для випадку, коли вони задані нечітко. Визначена функція приналежності нечіткого результату оцінки параметрів часового ряду.

Ключові слова: метод найменших квадратів, рекурентна обробка, нечіткі вимірювання.

УДК 631.3;519.71

Построение линейной регрессионной модели диффузионного отделения сахарного производства / С. А. Ляшенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 00 (000). – С. 58–64. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0023.

В роботі надано аналіз процесу дифузії у цукровому виробництві і визначені основні показники та параметри роботи дифузійного апарату. Для основних змінних технологічного процесу отримання соку визначено статистичні характеристики. Отримана лінійна регресійна

модель дифузійного апарату. На основі проведеного аналізу зроблено висновок, що вперше створена математична модель, у першому приближенні, може бути використана для управління параметрами технологічних процесів дифузійного апарату.

Ключові слова: цукрове виробництво, технологічний процес, дифузія, математична модель, статистичні дані, фактори, параметри, адекватність, рівняння регресії.

УДК 519.863:628.29

Декомпозиционная оптимизация комплекса технических средств автоматизированной системы управления водоотведением на очистные сооружения / С. А. Цыбульник // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 65–70. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0023.

Запропоновано алгоритм вибору оптимальних параметрів комплексу технічних засобів автоматизованої системи управління відведенням суміші виробничо-побутових стічних вод та поверхневого і дренажного стоку на очисні споруди. Обчислювальна схема рішення задачі заснована на декомпозиції початкової глобальної задачі на ряд більш простих локальних задач, які можуть бути вирішені з використанням стандартного методу динамічного програмування.

Ключові слова: водний об'єкт, стічні води, водовідведення, автоматизована система управління, комплекс технічних засобів.

УДК 004.9+510.635

Формальна архітектура агентної системи моніторингу результатів наукової діяльності вищого навчального закладу / О. Ю. Чередніченко, О. В. Янголенко, Ю. М. Баранова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 71–87. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-0023.

У роботі представлено мультиагентну систему моніторингу результатів наукової діяльності вищого навчального закладу. Розглянуто засоби подання абстрактної архітектури агентів, що дозволяють у формальному вигляді описати функціонування агентів. Така архітектура ґрунтується на представленні множини станів зовнішнього середовища агента, множини сприйняття середовища агентом, множини можливих дій агента, а також функції сприйняття та функції вибору дії агента. З метою формалізації правил, за якими діє рефлексний агент, заснований на моделі, запропоновано використовувати метод компараторної ідентифікації теорії інтелекту. У роботі наведено формальну архітектуру агентів чотирьох типів, які здійснюють пошук джерел даних для моніторингу результатів наукової діяльності.

Ключові слова: моніторинг, тематичний пошук, мультиагентна система, абстрактна архітектура, компараторна ідентифікація.

УДК 658.012

Формування показників схожості між об'єктами, що характеризуються параметрами, вимірюваними в різних шкалах виміру / І. П. Гамаюн, О. М. Безменова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 88–91. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0023.

Як складова частина задачі кластеризації (класифікації об'єктів) розв'язується задача оцінювання ступеня подібності об'єктів, що описуються ознаками, вимірюваними в різних шкалах, а саме, у шкалі найменувань (номінальні ознаки) і в кількісній шкалі. Запропоновано коефіцієнт ступеня подібності об'єктів, описуваних номінальними ознаками. За наявності ознак, що відносяться до різних шкал, пропонується використовувати розроблений у статті комбінований коефіцієнт ступеня схожості. Зроблено висновки про властивості запропонованих показників ступеня схожості.

Ключові слова: кластеризація, класифікація об'єктів, шкала найменувань, номінальні ознаки, коефіцієнт ступеня подібності, комбінований коефіцієнт ступеня схожості.

УДК 658.506

Аналіз діяльності торгівельного підприємства за допомогою ВІ-засобів / Д. Л. Орловський, М. С. Пилинець // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 92–99. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0023.

У статті розглядаються питання аналізу діяльності торгівельного підприємства за допомогою ВІ-засобів. Пропонуються рішення та підходи, спрямовані на запобігання виникаючих при цьому певних проблем та обмежень. Також розглядаються питання формування та ранжування ключових показників ефективності діяльності підприємства.

Ключові слова: аналіз діяльності підприємства, BSC, ранжування KPI, інтелектуальний аналіз даних, проблемна ситуація, імітаційне моделювання, ВІ-засоби.

РЕФЕРАТЫ

УДК 004.9

Улучшение качества процесса разработки программного обеспечения на основе методов последовательного анализа вариантов и локальной оптимизации / М. Д. Годлевский, Э. Е. Рубин, А. А. Голоскокова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 5–10. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0023.

Предлагается совместное использование метода локальной оптимизации и алгоритма последовательного анализа вариантов для улучшения качества процесса разработки программного обеспечения. На основании полученного результата были сделаны выводы, что совместное использование методов обеспечивает уменьшение количества возможных вариантов развития данного процесса разработки.

Ключевые слова: качество, программное обеспечение, локальная оптимизация, последовательный анализ вариантов.

УДК 519.2

Разработка прототипа и исследование производительности маркерной мобильной системы дополненной реальности / А. В. Векшин, Н. В. Ткачук, М. А. Пантелеев // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 11–18. – Бібліогр.: 21 назв. – ISSN 2079-0023.

В работе предоставляется обзор современных технологий функционирования и разработки мобильных систем дополненной реальности, рассматриваются примеры таких систем. Предлагается архитектурная модель адаптивной маркерной мобильной системы дополненной реальности и рассматривается построение прототипа такой системы на платформе Google Android с использованием Metaio SDK. Сделаны выводы о производительности таких мобильных систем и возможные методы решения проблем высокого времени обработки данных.

Ключевые слова: мобильные информационные системы, дополненная реальность, программное обеспечение, мобильные системы дополненной реальности, Android, Metaio.

УДК 621.372

Анализ электронных фильтров Баттерворта численными методами / В. П. Северин, Е. Н. Никулина, В. С. Буряковский // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 19–24. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0023.

Созданы математические модели электронных фильтров Баттерворта различных порядков. На основе матричных методов интегрирования систем дифференциальных уравнений разработаны алгоритмы и программы для вычисления переходных процессов в фильтрах и их

прямых показателей качества. Рассчитаны амплитудно-частотные характеристики, переходные процессы и прямые показатели качества фильтров Баттерворта различных порядков.

Ключевые слова: электронные фильтры, фильтр Баттерворта, математическая модель, передаточная функция, переходные процессы, прямые показатели качества.

УДК 519.2

К вопросу о применении методики скоринга к задаче формирования портфеля ценных бумаг / В. А. Гужва, А. Г. Соколова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 25–31. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0023.

Предложена методика портфельной оптимизации, которая является альтернативной по отношению к классической. Методика основана на модели скоринга ценных бумаг, представленной в виде формулы свёртки нормированных оценок доходности, риска и ликвидности ценных бумаг. Результатом расчёта по этой модели для каждого вида ценных бумаг является коэффициент инвестиционной привлекательности, пропорционально значению которого определяются доли ценных бумаг в портфеле.

Ключевые слова: ценные бумаги, скоринг, доходность, ликвидность, риск, коэффициент инвестиционной привлекательности.

УДК 658.506

Об одном подходе к формированию рекомендаций по совершенствованию бизнес-процессов, связанных со снабжением продукции / Д. Л. Орловский, А. М. Копи // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 32–41. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0023.

Предлагается подход к формированию рекомендаций по совершенствованию бизнес-процессов, связанных со снабжением продукции, на основе анализа значений плановых и фактических показателей логистических бизнес-процессов модели, и последующего определения бизнес-процессов, которые требуют совершенствования. Для определения плановых показателей бизнес-процессов предлагается решать задачу определения оптимального объема заказа продукции.

Ключевые слова: снабжение, управление процессами, процессный подход, бизнес-процессы, торговое предприятие, модель SCOR.

УДК 658.506-796.3

Распознавание состояния футбольного клуба с помощью сбалансированной системы показателей / И. А. Бочарников, Д. Л. Орловский // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 42–51. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0023.

Предлагается подход к решению задачи распознавания состояния футбольного клуба на основе полученных данных, в результате сбора статистической информации по ключевым показателям эффективности деятельности футбольного клуба. Выделенные ключевые показатели деятельности, которые присущи футбольному клубу, разработана база данных для хранения и обработки статистических данных, сделан вывод о состоянии футбольного клуба.

Ключевые слова: распознавание состояния, сбалансированная система показателей, база данных, проблемная ситуация, футбольный клуб, показатели деятельности, ситуационное управление, программное обеспечение.

УДК 658.012

Рекуррентный метод наименьших квадратов обработки нечетких измерений / Ямен Хазим, В. А. Головки, М. Н. Старова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х.: НТУ «ХП». – 2014. – № 55 (1097). – С. 52–57. Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-0023.

Проведен анализ традиционного подхода к задаче обработки временного ряда. Сформированы его недостатки, связанные с необходимостью хранения непрерывно пополняемого массива измерений и неучетом различной полезности «старых» и «свежих» измерений. Обосновано применение рекуррентного варианта метода наименьших квадратов. Предложена процедура реализации рекуррентной обработки измерений для случая, когда они заданы нечетко. Определена функция принадлежности нечеткого результата оценки параметров временного ряда.

Ключевые слова: метод наименьших квадратов, рекуррентная обработка, нечеткие измерения.

УДК 631.3:519.71

Построение линейной регрессионной модели диффузионного отделения сахарного производства / С. А. Ляшенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 58–64. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0023.

В работе сделан анализ процесса диффузии в сахарном производстве и определены основные показатели и параметры работы диффузионного аппарата. Для основных переменных изучаемого технологического процесса получения сока определены статистические характеристики. Получена линейная регрессионная модель диффузионного аппарата. На основании проведенного анализа сделано заключение, что впервые созданная математическая модель, в первом приближении, может быть использована для управления параметрами технологических процессов диффузионного аппарата.

Ключевые слова: сахарное производство, технологический процесс, диффузия, математическая модель, статистические данные, факторы, параметры, адекватность, уравнение регрессии.

УДК 519.863:628.29

Декомпозиционная оптимизация комплекса технических средств автоматизированной системы управления водоотведением на очистные сооружения / С. А. Цыбульник // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 65–70. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0023.

Предложен алгоритм выбора оптимальных параметров комплекса технических средств автоматизированной системы управления отведением смеси производственно-бытовых сточных вод и поверхностного и дренажного стока на очистные сооружения. Вычислительная схема решения задачи основана на декомпозиции исходной глобальной задачи на ряд более простых локальных задач, которые могут быть решены с использованием стандартного метода динамического программирования.

Ключевые слова: водный объект, сточные воды, водоотведение, автоматизированная система управления, комплекс технических средств.

Формальная архитектура агентной системы мониторинга результатов научной деятельности высшего учебного заведения / О. Ю. Чердиченко, О. В. Янголенко, Ю. М. Баранова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 71–87. – Бібліогр.: 13 назв.

В работе представлена мультиагентная система мониторинга результатов научной деятельности высшего учебного заведения. Рассмотрены средства представления абстрактной архитектуры агентов, предоставляющие возможность в формальном виде описать функционирование агентов. Такая архитектура основывается на представлении множества состояний внешней среды агента, множества восприятий среды агентом, множества возможных действий агента, а также функции восприятия и функции выбора действия агента. С целью формализации правил, по которым действует рефлексный агент, основанный на модели,

предложено использовать метод компараторной идентификации теории интеллекта. В работе представлена формальная архитектура агентов четырех типов, которые совершают поиск источников данных для мониторинга результатов научной деятельности.

Ключевые слова: мониторинг, тематический поиск, мультиагентная система, абстрактная архитектура, компараторная идентификация.

УДК 658.012

Формирование показателей сходства между объектами, характеризующимися параметрами, измеряемыми в разных шкалах измерения / И. П. Гамаюн, О. Н. Безменова // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Системный анализ, управление и информационные технологии. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2014. – № 55 (1097). – С. 88–91. – Библиогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0023.

Как составная часть задачи кластеризации (классификации объектов) решается задача оценки степени сходства объектов, описываемых признаками, измеряемыми в разных шкалах, а именно, в шкале наименований (номинальные признаки) и в количественной шкале. Предложен коэффициент степени сходства объектов, описываемых номинальными признаками. При наличии признаков, относящихся к разным шкалам, предлагается использовать разработанный в статье комбинированный коэффициент степени сходства. Сделаны выводы о свойствах предлагаемых показателей степени сходства.

Ключевые слова: кластеризация, классификация объектов, шкала наименований, номинальные признаки, коэффициент степени сходства, комбинированный коэффициент степени сходства.

УДК 658.506

Анализ деятельности торгового предприятия с помощью VI-средств / Д. Л. Орловский, Н. С. Пилипец // Вісник НТУ «ХП». Серия: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – № 55 (1097). – С. 92–99. – Библиогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0023.

В статье рассматриваются вопросы анализа деятельности торгового предприятия с помощью VI-средств. Предлагаются решения и подходы, направленные на предотвращение возникающих при этом определенных проблем и ограничений. Также рассматриваются вопросы формирования и ранжирования ключевых показателей эффективности деятельности предприятия.

Ключевые слова: анализ деятельности предприятия, BSC, ранжирование KPI, интеллектуальный анализ данных, проблемная ситуация, имитационное моделирование, VI-средства.

ABSTRACTS

Quality improvement of the software development process based on the sequential analysis of variants method and the method of local optimization / M. D. Godlevsky, E. E. Rubin, A. A. Goloskokova // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, management and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 5–10. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2079-0023.

There have been proposed the interplay of the method of local optimization and the sequential analysis of variants method for quality improvement of the software development process. As far as, with the use of the developed algorithm of the sequential analysis of variants method, total time spent solving this problem is much higher than the permissible limits. The next conclusions have been made based on the results: the methods interplay provides quantity reduction of possible options of the

software development process evolution. Also the interplay of the above mentioned methods makes it possible to reduce the complexity of the solving problem, but it does not provide a guarantee, that this solution corresponds to the global extremum.

Keywords: quality, software, local optimization, sequential analysis of variants.

Prototype development and productivity research of marker-based mobile augmented reality system / O. V. Vekshyn, M. V. Tkachuk, M. O. Panteleiev // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 11–18. – Bibliogr.: 21. – ISSN 2079-0023.

This paper provides an overview of modern technologies for development mobile augmented reality systems, additionally considered examples of such systems. In this paper presented such augmented reality technologies like: marker and not marker-based technologies, geolocation technologies and technologies based on infrared sensors. For each type of such technologies provided several examples of software applications. Basing on review of typical architectures for mobile augmented reality systems proposed the architectural model of adaptive marker-based mobile augmented reality system and presented the prototype construction of such a system with Google Android platform and Metaio SDK. Presented some conclusions about the performance of mobile systems and possible methods to solve performance problems with data processing.

Keywords: mobile information systems, augmented reality, software, mobile augmented reality systems, Android, Metaio.

Analysis of the electronic filters Butterworth by numerical methods / V. P. Severin, O. M. Nikulina, V. S. Burjakovskij // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 19–24. – Bibliogr.: 3. – ISSN 2079-0023.

On the base of the placement of the poles of transfer functions for Butterworth's filters of different orders the mathematical models are created. The transfer functions of Butterworth filters odd and even orders are presented. The mathematical model of Butterworth filter arbitrary order as a linear system of differential equations is developed. For integration of linear systems of differential equations the method with using formula of definition of matrix exponential and its integral is considered. Algorithms for calculation of transients in filters and their quality indexes are designed. Amplitude-frequency characteristics, transient functions and direct quality indexes of Butterworth filters of different orders are calculated. Graphics of amplitude-frequency characteristics and transients of filters are built. The values of direct quality indexes of Butterworth filters of different orders are submitted. With increasing order of Butterworth filter all its direct quality indexes significantly increasing, which make it necessary to solve optimization problems of filters.

Keywords: electronic filters, Butterworth filter, mathematical model, transfer function, transients, direct quality indexes.

To the question of the application of the methodology of scoring to the problem of portfolio securities / V. A. Guzhva, A. G. Sokolova // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, management and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 25–31. – Bibliogr.: 4. – ISSN 2079-0023.

The technique of portfolio optimization, which is an alternative to classical. The method is based on scoring models of the securities represented in the following formula convolution of the normalized estimates of yield, risk and liquidity of the securities. The result of the calculation for this model for each type of securities is the factor of investment attractiveness, in proportion to the value which will determine the share of securities in the portfolio. The technique differs considering the many environmental factors, the price characteristics of the securities and the liquidity preference of the investor; The application for the weak development of the stock markets with low volatility; ease of processing; independent review of risk and return; Availability of procedures excluded from consideration for investment unattractive tsennyh bumag. The technique allows real-time to evaluate

options for the structure of the portfolio of securities in terms of investment attractiveness and get the optimal investment decisions.

Keywords: securities, scoring, profitability, liquidity, risk factor of investment attractiveness.

About the approach to the development of recommendations for the improvement of business processes related to supply of products / D. L. Orlovskiy, A. M. Kopp // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 32–41. – Bibliogr.: 5. – ISSN 2079-0023.

Here proposed the approach to the development of recommendations for the improvement of business processes related to the supply of products by analyzing the values of planned and actual performance of the logistics business process model and further define the business processes that need improvement. To determine the targets of business processes is proposed to solve the problem of determining the optimal level of product orders. On the base of math support and algorithms was developed the software for solving the problem of managing supply process of trading enterprise. The software was used to make test calculations. The results of test calculations were used to create recommendations of improving of trading enterprise business process.

Keywords: supply, process management, process approach, business processes, trade enterprise, SCOR model.

Determination the status of football club using balanced scorecard / I. A. Bocharnikov, D. L. Orlovskij // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 42–51. – Bibliogr.: 5. – ISSN 2079-0023.

Today science has got a lot of methods which can help us to understand properly the football club functioning and development throughout all its life cycle. We will consider the football club as particular case of the enterprise at all. This article is considered with solving the problem of determine the football club status. To solve this problem using statistics of football club key performance indicators is recommended. There were extracted key performance indicators, which are inherent to the football club, was developed a database for the storage and processing of statistics, the conclusion about the status of the football club was made.

Keywords: determination of the state, the balanced scorecard, database, problem situation, football club, key performance indicators, situational management, software.

Recursive least squares processing of fuzzy measurement / Yamen Hazim, V. A. Golovko, M. N. Starova // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 52–57. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-0023.

The problem of statistical processing of time series, given by a set of fuzzy measurements. The analysis of the traditional approach to solving this problem and formulate its drawbacks associated with the need to continuously replenished storage array measurements and the neglect of various utility of "old" and "fresh" measurements. The application of the recursive version of the method of least squares. Relationships for recursive calculations of the vector of parameter estimates of the regression model describing the behavior of the controlled parameter. The purpose of the article - the development of a method of implementing the traditional procedure of recursive processing of measurements for the case when these measurements are fuzzy values. To describe the values of fuzzy measurement of the controlled variable used membership function (*L-R*)-type. Described step by step technique for calculating the parameters of membership functions of the fuzzy result of applying the recursive procedure. Defined function of fuzzy values of the controlled variable at the time of the forecast.

Keywords: method of least squares, recursive processing, fuzzy measure.

Creation of linear regression model of diffusion separation of sugar production / S. Liashenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 0000. – № 55 (1097). – P. 58–64. – Bibliogr.: 5. – ISSN 2079-0023.

In this paper was made an analysis of the diffusion process in the sugar industry and the basic parameters and the parameters of the diffusion apparatus. The optimal operations of the diffuser (that allow you to get an effective yield of the raw juice and reduce the amount of feed water and steam heating were selected. For the main variables studied juice extraction process statistical characteristics were defined- mean, variance, median, and the coefficients of skewness and kurtosis. A linear regression model of the diffusion apparatus was found and an analysis on the application of this mathematical model was made. Determining the structure of the model to describe the dependence of the diffusion flow of juice from the other factors of the diffusion process was carried out by stepwise regression identified the coefficient of determination, the consent of the employees measure the regression model with the available data. On the grounds of the analysis was concluded that the mathematical model created for the first time as a first approximation, can be used to control the process parameters of the diffusion apparatus. Determining the significance of the coefficients of the regression model parameters for diffusion apparatus was obtained.

Keywords: sugar industry, process, diffusion, mathematical model, statistical data, factors, parameters, adequacy, the regression equation.

The use of statistical analysis in the processing of survey data of the population / S. A. Tsybulnyk // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, management and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 65–70. – Bibliogr.: 3. – ISSN 2079-0023.

There has been discussed the problem of selecting the optimal parameters of the automated control system technical tools set by disposal of a mixture of industrial and domestic sewage, as well as surface and drainage flow, to the sewage disposal plants. The system includes three levels of the information transformation, - measurement, transmission and processing. In the subsystems of one level the information is converted in parallel while at different levels it is converted sequentially. The algorithm for solving the task is based on the decomposition of the original global task into a series of simpler local tasks that can be solved using the standard dynamic programming method.

Keywords: body of water, sewage, wastewater disposal, automated control system, set of technical tools.

The formal architecture of the agent system of monitoring of higher education establishment research results / O. Yu. Cherednichenko, O. V. Yanholenko, Y. M. Baranova // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 71–87. – Bibliogr.: 13. – ISSN 2079-0023.

The given work presents a multiagent system of monitoring of higher education establishment research results. The methods of representation of of agents' abstract architecture are considered. Such methods allow to describe formally the way of agent's functioning. The abstract architecture is based on the set of environment states, the set of agent's perceptions of the environment, the set of agent's possible actions, perception function and action selection function. The method of comparator identification of intelligence theory is used in order to formalize the rules how a reflexive agent based on a model acts. The given work considers the formal architecture of the agents of four types which are responsible for data sources searching in the process of research results monitoring.

Keywords: monitoring, topic crawling, multiagent system, abstract architecture, comparator identification.

Formation of indicators of similarity between objects, characterized by the parameters measured in different measurement scales / I. P. Gamajun, O. M. Bezmenova // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 88–91. – Bibliogr.: 4. – ISSN 2079-0023.

As part of the clustering task (object classification) solved the problem of estimating the degree of similarity of objects described by features measured in different scales, namely the scale items (nominal characteristics) and quantitative scale. Proposed coefficient of similarity of objects described by nominal

attributes. If there are signs belonging to different scales, it is proposed to use the article developed a combined ratio of similarity. Conclusions about the properties of the proposed indicators of similarity.

Keywords: clustering, classification of objects, scale items, nominal features, the degree of similarity coefficient, the combined rate the degree of similarity.

Analysis of the commercial enterprise activity using BI-tools / D. L. Orlovskiy, M. S. Pylypets // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – № 55 (1097). – P. 92–99. – Bibliogr.: 5. – ISSN 2079-0023.

The article deals with questions of the commercial enterprise analysis using BI-tools. Proposed solutions and approaches are aimed at preventing emerging of certain problems and limitations. The problem of the company key performance indicators forming and ranking is also considered. Advisability of using of simulation based on the generation of normal random variables for the actual trajectories analysis is justified. The process of developing software tools for enterprise analysis tasks based on the using of KPI is briefly discussed. An example of using the developed software for the analysis and control of the actual trajectory changes of the one indicator of a commercial enterprise is presented.

Keywords: analysis of the company, BSC, KPI ranking, data mining, problem situation, simulation, BI-tools.

ЗМІСТ

Кафедра АСУ: 50 лет на службе образования Украины	3
<i>Годлевский М. Д., Рубин Э. Е., Голоскокова А. А.</i> Улучшение качества процесса разработки программного обеспечения на основе методов последовательного анализа вариантов и локальной оптимизации	5
<i>Ткачук М. В., Векшин О. В., Пантелеев М. О.</i> Розробка прототипу та дослідження продуктивності маркерної мобільної системи доповненої реальності	11
<i>Северин В. П., Нікуліна О. М., Буряковский В. С.</i> Аналіз електронних фільтрів баттерворта чисельними методами	19
<i>Гужва В. А., Соколова А. Г.</i> К вопросу о применении методики скоринга к задаче формирования портфеля ценных бумаг	25
<i>Орловский Д. Л., Копп А. М.</i> Про один підхід до формування рекомендацій щодо удосконалення бізнес-процесів, пов'язаних з постачанням продукції	32
<i>Бочарніков І. О., Орловський Д. Л.</i> Розпізнавання стану футбольного клубу за допомогою збалансованої системи показників	42
<i>Ямен Хазим, Головки В. А., Старова М. Н.</i> Рекуррентный метод наименьших квадратов обработки нечетких измерений	52
<i>Ляшенко С. А.</i> Построение линейной регрессионной модели диффузионного отделения сахарного производства	58
<i>Цыбульник С. А.</i> Декомпозиционная оптимизация комплекса технических средств автоматизированной системы управления водоотведением на очистные сооружения	65
<i>Чередніченко О. Ю., Янголенко О. В., Баранова Ю. М.</i> Формальна архітектура агентної системи моніторингу результатів наукової діяльності вищого навчального закладу	71
<i>Гамаюн І. П., Безменова О. М.</i> Формування показників схожості між об'єктами, що характеризуються параметрами, вимірюваними в різних шкалах виміру	88
<i>Орловський Д. Л., Пилипець М. С.</i> Аналіз діяльності торговельного підприємства за допомогою ВІ-засобів	92
Реферати	100
Рефераты	103
Abstracts	106

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХПІ»**

Збірник наукових праць

Серія:
Системний аналіз, управління
та інформаційні технології

№ 55 (1097)

Наукові редактори д-р техн. наук, проф. М. Д. Годлевський,
д-р техн. наук, проф. О. С. Куценко
Технічний редактор канд. техн. наук, проф. М. І. Безменов

Відповідальний за випуск канд. техн. наук Г. Б. Обухова

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Кафедра системного аналізу і управління.
Тел.: (057) 707-61-03, (057) 707-66-54; e-mail: bezmenov@kpi.kharkov.ua

Обл.-вид № 98-14.

Підп. до друку 11.12.2014 р. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 6,5. Облік.-вид. арк. 7,2.
Тираж 100 пр. Зам. № 12.14. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12.2009 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня «ФОП Стеценко І. І.»

Свідоцтво про державну реєстрацію ХК № 82 від 22.04.2003 р.
61019, Харків, пр. Ілліча, 103а, кв. 21, тел. (057) 758-17-35

