

СЕКЦІЯ 7 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 330.46:330.162:519.876.2

Солодухин С.В.

*кандидат економічних наук, доцент,
декан факультета економіки і менеджмента
Запорозької державної інженерної академії*

СПЕЦИФИКАЦИЯ И ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ СТАДНОГО ПОВЕДЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

SPECIFICATION AND PARAMETRIZATION OF MODELS OF HERD BEHAVIOR IN ENTERPRISE MANAGEMENT

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы моделирования стадного поведения в управлении предприятиями в части спецификации и параметризации основных модельных конструкций. Приведен анализ основных проблем в процессе моделирования стадного управления во внешней и внутренней среде предприятия. Сформулирован перечень основных задач и последовательности их реализации при параметризации моделей стадного поведения в управлении предприятиями. Выделена специфическая особенность моделей стадного поведения, которая отличает их от стандартных моделей рядов данных и выдвигает особые требования к формированию рядов динамики. Предложена оптимизационная задача определения оптимального шага модели стадного поведения путем максимизации шага модели с учетом ограничений на минимально допустимое в модели количество отдельных периодов времени.

Ключевые слова: моделирование, спецификация, параметризация, модели управления предприятием, стадное поведение, популяция.

АНОТАЦІЯ

У статті розглядаються питання моделювання стадної поведінки в управлінні підприємствами в задачах специфікації і параметризації основних модельних конструкцій. Наведено аналіз основних проблем у процесі моделювання стадного управління у зовнішньому і внутрішньому середовищі підприємства. Сформульовано перелік основних завдань та послідовність їхньої реалізації під час параметризації моделей стадної поведінки в управлінні підприємствами. Виділена специфічна особливість моделей стадної поведінки, яка відрізняє їх від стандартних моделей рядів даних і висуває особливі вимоги до формування рядів динаміки. Запропоновано оптимізаційну задачу визначення оптимального кроку моделі стадної поведінки шляхом максимізації кроку моделі з урахуванням обмежень на мінімально допустиму кількість окремих періодів часу.

Ключові слова: моделювання, специфікація, параметризація, моделі управління підприємством, стадна поведінка, популяція.

ANNOTATION

The article deals with the issues of modeling herd behavior in the management of enterprises in the tasks of specification and parametrization of the main model constructions. It is analyzed the main problems in the process of modeling of herd management in the external and internal environment of the enterprise. Attempts are made to formulate the list of the main tasks and the sequence of their implementation in the parameterization of the herd behav-

ior models in the management of enterprises. It is dealt with a specific feature of the herd behavior models that differs from standard models of data series, and imposes special requirements for the formation of dynamics series. It is proposed an optimization problem for determining the optimal step of a model of herd behavior by maximizing the model's step with allowance for restrictions on the minimum permissible number of individual periods of time.

Key words: modeling, specification, parametrization, enterprise management models, herd behavior, population.

Постановка проблеми. Традиційна економічна теорія базується на раціональних мотивах в прийнятті рішень агентами, согласно чому пошук оптимального рішення состоить в вероятностной оцінці можливих варіантів і раціональному виборі найкращого з них. Однак в мировій практиці [1] відомі випадки ірраціонального поведіння окремих економічних агентів, які неможливо пояснити при допомозі раціональних моделей. Стадне поведіння можна визначити як стратегію, яка заключається в подражанні поведінці більш досвідчених і авторитетних учасників популяції під впливом ряду поведінчих факторів, таких як недооцінка власних аналітичних здібностей і переоцінка аналітичних здібностей інших агентів, чрезмерные опасения относительно нанесения вреда собственной репутации, недостаточная информированность и другие. Дж. Сорос відзначає [2], що стадність «виражає властивість масових інвестиційних процесів, коли всі орієнтуються друг на друга і одночасно купують і продають одні і ті ж активи». В настоящее время процессы управления предприятиями реализуются именно в таких реальных условиях, которым присущ достаточно высокий уровень неопределенности и низкой информированности участников. Следовательно, изучение процессов моделирования стадного поведения в управлении предприятиями является актуальной задачей поддержки при-

нятия решений и позволяет повысить уровень и качество управленческих решений.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблемы изучения проявлений стадного поведения в экономических системах рассматриваются в работах зарубежных авторов А. Банерджи [3], С. Бикчандани [4], Дж. Сороса [2], а также украинских ученых В.М. Данича [5], Р.Н. Лепы [6], С.С. Турлаковой [7]. Однако в большинстве работ стадное поведение описывается в отдельных аспектах, как и причины его проявления. Недостаточно рассмотренными остаются вопросы моделирования стадного поведения в управлении предприятиями, особенно методологические основы построения таких моделей.

Постановка задачи. Целью исследования является обоснование научно-методического подхода к параметризации моделей стадного поведения, предполагающего формирование данных на основе фиксации значений факторов перед выполнением исследуемым субъектом определенного действия или принятием определенного состояния. Этот подход к спецификации и параметризации моделей позволяет упорядочить процессы моделирования и снизить затраты времени и усилий на параметризацию моделей стадного поведения.

Изложение основного материала исследования. Одними из основных этапов проектирования моделей стадного поведения, учитывающих особенности исследуемой предметной области и соответствующих требованиям к практической применимости, является их спецификация и параметризация, причем фундаментальности и перспектив практического применения модели закладывается именно на этих двух этапах. Под спецификацией моделей понимается определение аналитической формы модели, включая выбор ее математического представления и набора переменных (отбор факторов и выбор вида уравнения) [8; 9]. Под параметризацией моделей будет пониматься проведение числовой оценки параметров модели на основе анализа собранной статистики. В рамках этого исследования все эти задачи и подзадачи целесообразно объединить в одну общую задачу, поскольку построение моделей стадного поведения в управлении предприятиями представляет собой итеративный процесс, в ходе которого ввиду высокой степени неопределенности исследуемой системы исследователю нужно будет неоднократно переходить между этапами спецификации и параметризации, когда, например, неудовлетворительное качество модели, выявленное по результатам параметризации, потребует возврата к этапу спецификации и корректировки набора переменных или исходных рядов данных, после чего потребуются повторное проведение параметризации.

Основными проблемами, которые возникают в процессе моделирования стадного поведения во внешней и внутренней среде предприятий, являются:

1. Формирование набора переменных модели – необходимо с учетом особенностей исследуемого объекта выбрать набор факторов, от которых зависит вероятность выполнения представителем популяции некоторого решения или принятия им некоторого состояния с учетом стадного поведения. В значительной мере эта задача была решена в работе ранее: были выделены в ключевые факторы, которые должны учитываться во всех моделях стадного поведения, независимо от того, для какой предметной области они создаются (процент представителей популяции, которые уже выполнили определенное действие или приняли определенное состояние; авторитет представителей популяции в глазах друг друга, индивидуальная склонность к стадному поведению). Однако остается открытым вопрос дополнительных факторов (помимо факторов, непосредственно связанных со стадным поведением). В процессе параметризации конкретной модели необходимо осуществить отбор таких факторов для включения в модель.

2. Определение степени агрегации исходных данных. С точки зрения точности моделирования идеальным вариантом было бы отсутствие какой-либо агрегации, то есть рассмотрение каждого представителя популяции по отдельности, однако на практике, как правило, это невозможно, особенно когда речь идет о популяциях большого размера. Так, если речь идет о стадных эффектах при изучении организационного сопротивления в коллективе численностью 15-20 человек, то можно обойтись без агрегации, однако когда речь идет о стадных эффектах при изучении поведения потребителей, то представляется невозможным даже идентифицировать всех представителей популяции, не говоря уже об организации их индивидуального учета. Таким образом, степень агрегации исходных данных (преимущественно в форме объединения представителей популяции в некоторые однородные группы) должна представлять собой компромисс между необходимой степенью детализации и затратами на организацию сбора и обработки данных.

3. Определение математического вида модели, то есть способа включения факторов в модель. Грубо говоря, необходимо создать формулу, по которой будет рассчитываться вероятность выполнения представителем популяции некоторого решения или принятия им некоторого состояния с учетом стадного поведения на основе значений исходных факторов. Стандартными подходами является включение значений исходных показателей в аддитивном или мультипликативном виде, но также возможно использование более сложных модельных конструкций. В этом случае критерием выбора в пользу того или иного подхода является точность итоговой модели и ее способность быть использованной для практики принятия решений.

4. Формирование временных рядов для расчета коэффициентов модели. Эта проблема

весьма актуальна, поскольку для оценки коэффициентов модели необходима история наблюдений, которая в случае со стадным поведением не всегда доступна в приемлемом виде, поскольку, во-первых факторы стадного поведения не входят в основные наборы официальной статистики, что требует целенаправленной работы над ее формированием в дополнение к стандартной статистике и отчетности предприятий, а во-вторых, стадное поведение не всегда проявляется с некоторой постоянной частотой, что требует решения отдельной задачи формирования соответствующих временных рядов даже при наличии статистики исходных факторов. Временные ряды можно формировать для различного шага модели, а исходные данные зачастую представлены не в том виде, в котором они необходимы для модели, а, например, в виде, соответствующем заведенному порядку формирования отчетности на предприятии, что требует осуществлять пересчет значений исходных показателей при формировании рядов данных для моделей.

Следует особо подчеркнуть, что в этом случае речь идет не о создании моделей для выполнения какого-то одного исследования, а о создании моделей, которые будут регулярно применяться на предприятии для решения определенного круга задач. Такая постановка задачи, с одной стороны, налагает дополнительные требования на модели с точки зрения их качества и практической применимости, но с другой – создает

дополнительные возможности благодаря выделению дополнительных ресурсов. Если бы речь шла о создании моделей однократного использования для выполнения какого-то одного исследования, то исследователь столкнулся бы с ограниченным набором исходных данных, отсутствием пополнения рядов данных дополнительными измерениями, невозможностью влиять на сбор данных на предприятии и прочими ограничениями. Если же речь идет о создании моделей, которые будут регулярно применяться на предприятии для решения определенного круга задач, то у исследователя есть возможность ставить перед руководством предприятия задачу организации оптимального сбора необходимых данных, проектировать процесс исследования и добиваться выделения необходимых ресурсов. Поэтому в статье рассматривается более благоприятный случай с точки зрения моделирования, что дает возможность не просто довольствоваться доступными исходными данными, а ставить задачу создания оптимальной модели и создания под нее системы обеспечения исходными данными.

Таким образом, в процессе параметризации моделей стадного поведения во внешней и внутренней среде предприятий необходимо сформировать набор переменных модели; выбрать тип модели; выполнить агрегацию исходных данных (если представителей популяции слишком много, чтобы включить в модель их всех); выбрать шаг модели; сформировать ряды динамики для последующего расчета коэффициентов при переменных модели; рассчитать коэффициенты при переменных модели; оценить точность и качество модели.

Что касается агрегации, то она проводится путем создания на основе данных большого количества представителей популяции условных укрупненных представителей выборки, значения характеристик которых рассчитываются как средние значения характеристик представителей популяции, объединенных в укрупненные элементы выборки.

Универсального способа агрегации не существует, но применительно к задачам моделирования стадного поведения можно предложить осуществлять агрегацию по возрастному, географическому, социальному признаку и т. д. (если представителями популяции являются люди) и размеру, доле рынка, географическому расположению, численности работников и т. д. (если представителями по-

а) шаг выборки равен 1 неделе



б) шаг выборки равен 1 дню

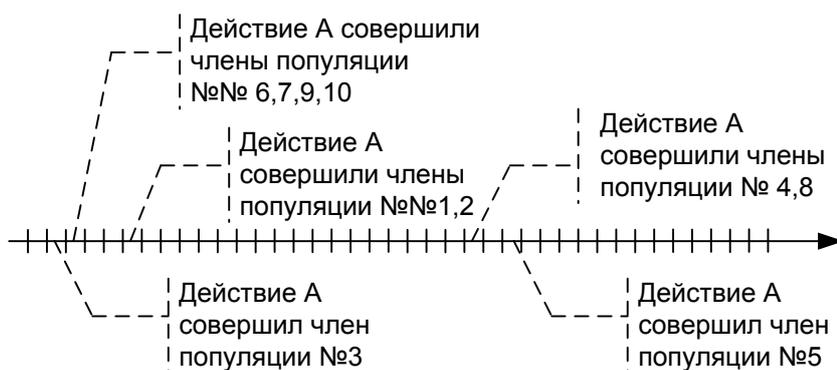


Рис. 1. Иллюстрация выборок с шагом в одну неделю и в один день

пуляции являются предприятия). Также можно предварительно классифицировать представителей популяции с использованием методов кластерного анализа [10].

При решении задачи определения шага временных рядов исходных и, соответственно, шага модели необходимо определить, на какие диапазоны времени разбивается выборка. Важность этой задачи иллюстрирует рис. 1, на котором показаны два случая: выборка, разбитая на промежутки продолжительностью в одну неделю, и выборка, разбитая на промежутки продолжительностью в один день. Рисунок иллюстрирует совершение некоего действия А представителями популяции в количестве 10 и показывает, что уменьшение шага модели может существенно повысить точность модели при сохранении неизменным размера выборки.

Как видно на рисунке, в случае (а) ряд данных состоит фактически из двух наблюдений, что делает невозможной параметризацию соответствующей модели, а в случае (б) имеется уже пять разных наблюдений, что позволяет сделать определенные выводы о том, как совершение некоторого действия А представителями популяции влияет на совершение такого действия другими представителями популяции в будущих периодах времени.

В случае (а) с точки зрения модели получается, что представители популяции {4, 5, 8} принимают решение, когда им известно о совершении действия представителями популяции {1, 2, 3, 6, 7, 9, 10}, однако при уменьшении шага детализация существенно возрастает и оказывается, что представители популяции {6, 7, 9, 10} принимали решение, в том числе руководствуясь действиями представителей популяции {1, 2, 3}, в то время как в случае (а) предполагалось бы, что у них такая информация отсутствовала.

Таким образом, представляется возможным сформулировать специфическую особенность моделей стадного поведения, которая отличает их от стандартных [Ряды 1] моделей рядов данных и налагает особые требования к формированию рядов динамики: с точки зрения проявлений стадного поведения неважно, в какой период времени представитель популяции выполнил определенное действие или принял определенное состояние, а важны значения исходных параметров на момент выполнения действия или принятия состояния. Таким образом, ряды данных не обязательно должны формироваться в хронологической последовательности, однако обязательно должна быть зафиксирована «моментальная фотография» ситуации, в частности, значения как специфических факторов (склонность представителя популяции к стадному поведению, авторитет других представителей популяции в глазах исследуемого, процент представителей популяции, совершивших данное действие или принявших данное состояние), так и дополнительных факторов.

Идеальным случаем было бы составлять выборку не в разрезе периодов времени, а в разрезе совершения действий представителями популяции, однако на практике такой подход в большинстве случаев реализовать невозможно ввиду того, что субъекты не отчитываются перед исследователем о каждом факте совершения действия, а, скорее, исследователь фиксирует измерения с некоторой периодичностью. Поэтому на практике шаг выборки должен представлять собой компромисс между максимизацией количества наблюдений, доступных для интерпретации и включения в модель, и минимизацией затрат времени и средств на сбор соответствующих данных (которая прямо пропорциональна сложности модели).

Задача максимального разделения отдельных актов совершения действий (в разрезе периодов времени) в математическом виде может быть формализована следующим образом (используются условные обозначения, введенные в работе ранее для базовых моделей стадного поведения во внешней и внутренней среде предприятий):

$$\sum_{t=1}^T \left(\min \left(1; \sum_{k=1}^K A'_{k,m} \right) \right) \rightarrow \max. \quad (1)$$

То есть речь идет о максимизации количества отдельных периодов времени, когда действие совершалось различными представителями популяции – если в какой-то период времени действие совершалось сразу несколькими представителями популяции, то в целевой функции это учитывается только один раз (выражение $\min \left(1; \sum_{k=1}^K A'_{k,m} \right)$ может принимать значение либо 0, если действие в данном периоде времени не совершил ни один представитель популяции, либо 1, если действие совершило любое количество представителей популяции).

В качестве альтернативы можно сформулировать задачу выбора оптимального размера шага в форме оптимизационной задачи со следующей целевой функцией (максимизации размера шага модели s):

$$s \rightarrow \max. \quad (2)$$

У оптимизационной модели будет следующий набор ограничений:

$$\begin{cases} \sum_{s=1}^{l_{\max}} \left(\min \left(1; \sum_{k=1}^K A'_{k,m} \right) \right) \geq Q_{\min}; \\ s \in \mathbb{N}. \end{cases} \quad (3)$$

где l – минимально возможный размер шага (например, 1 день);

L_{\max} – максимально возможный размер шага (например, 365 дней);

Q_{\min} – минимально допустимое в модели количество отдельных периодов времени, когда действие совершалось различными представителями популяции (как правило, обусловлено особенностями методов, используемых для расчета коэффициентов модели, или можно установить это ограничение в виде пропорции:

$$\sum_{s=1}^{t_{\max}} \left(\min \left(1; \sum_{k=1}^K A_{k,m}^{t,s} \right) \right) \geq 0,5, \text{ т. е. как минимум половина решений должна быть принята в уникальные периоды времени);}$$

т. е. как минимум половина решений должна быть принята в уникальные периоды времени);

\mathbb{N} – обозначение множества натуральных чисел, т. е. s должно быть целым положительным числом.

Таким образом, была предложена оптимизационная задача определения оптимального шага модели стадного поведения путем максимизации шага модели с учетом ограничений на минимально допустимое в модели количество отдельных периодов времени, когда действие совершалось различными представителями популяции. Решение этой задачи позволяет выбрать такой шаг модели, при котором размер шага будет максимальным (что снижает сложность задачи сбора данных благодаря уменьшению объемов собираемых данных и частоты выполнения операций по сбору данных), но при этом количество отдельных периодов времени, когда действие совершалось различными представителями популяции, будет достаточным для моделирования. То есть решение задачи направлено на достижение баланса между сложностью сбора данных и их достаточностью для моделирования.

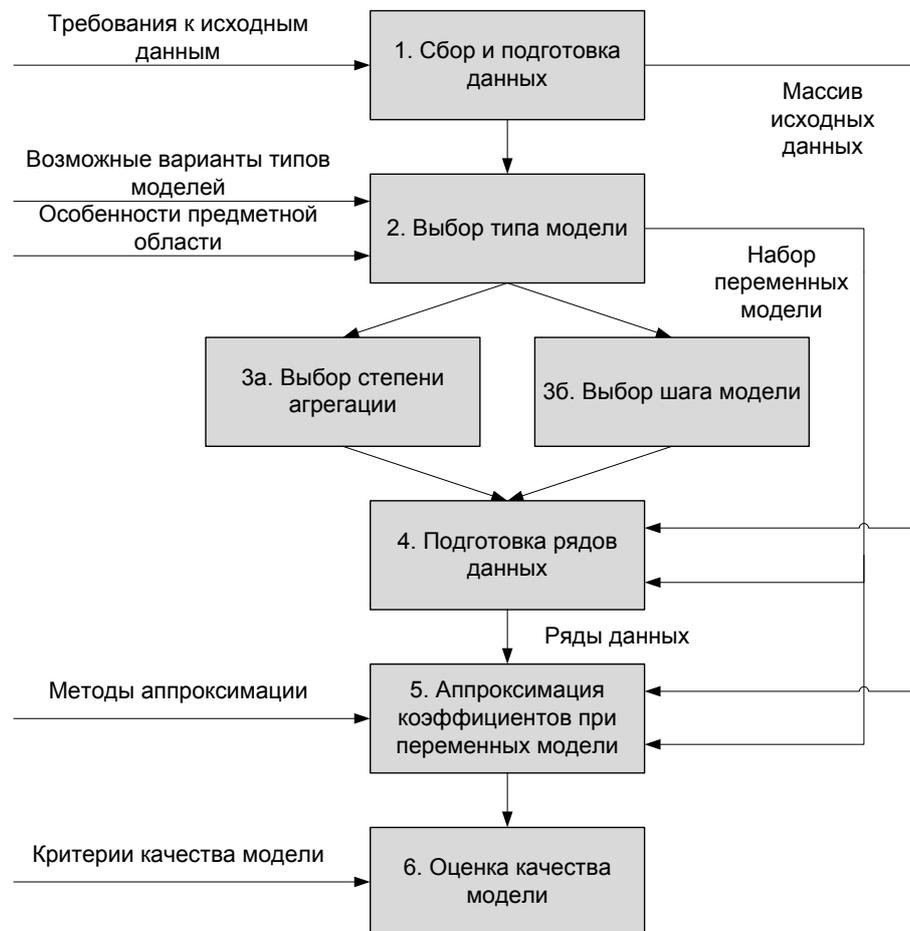


Рис. 2. Последовательность действий при параметризации моделей стадного поведения

Общая последовательность действий при параметризации моделей стадного поведения в рамках этого подхода представлена на рис. 2.

На первом этапе осуществляется сбор и подготовка исходных данных. Поскольку тип модели и, соответственно, конкретный набор переменных, а также шаг модели на этом этапе зачастую неизвестны, то целесообразно собирать максимально подробные данные по максимальному числу факторов, которые могут влиять на исследуемое явление или процесс. На втором этапе осуществляется выбор типа модели, включая выбор зависимой переменной и набора факторов (включая как специфичные для моделей стадного поведения факторы, такие как авторитет представителей популяции в глазах друг друга, склонность к стадному поведению, процент представителей популяции, уже выполнивших соответствующее действие, и т. д., так и дополнительных факторов, соответствующих особенностям исследуемой предметной области.

На третьем этапе осуществляется выбор степени агрегации исходных данных (если представителей популяции слишком много) и выбор шага модели (в том числе, например, с использованием оптимизационной модели выбора шага модели).

На этапе подготовки рядов данных исходные данные преобразуются в ряды данных, пригодные для использования

в качестве входных данных для моделей аппроксимации, в частности, выполняются расчеты значений факторов моделей, которые используются не в исходном, а в расчетном виде. На следующем этапе осуществляется аппроксимация коэффициентов при переменных модели с использованием стандартных методов (например, метода наименьших квадратов [11]). На пятом этапе выполняется оценка качества модели, в частности, с использованием таких показателей, как средняя ошибка аппроксимации (например, средняя абсолютная ошибка, средняя абсолютная ошибка в процентах [12]). Если оценка качества модели покажет удовлетворительные результаты, то модель может быть использована в практике принятия управленческих решений, в противном случае процесс повторяется с внесением определенных корректив (например, корректируется набор факто-

ров, снижается степень агрегации выборки, изменяется шаг модели и т. д.).

Выводы. Предложен научно-методический подход к параметризации моделей стадного поведения, предполагающий формирование данных на основе фиксации значений факторов перед выполнением исследуемым субъектом определенного действия или принятием определенного состояния. Подход предполагает такие этапы, как сбор и подготовка данных, выбор типа модели, выбор степени агрегации и шага модели, подготовка рядов данных, аппроксимация коэффициентов и оценка качества модели, позволяет снизить затраты времени и усилий на параметризацию моделей стадного поведения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Канеман Д. Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения / Канеман Д., Словик П., Тверски А. / Пер. с англ. – Х.: Изд-во Институт прикладной психологии «Гуманитарный центр», 2005. – 632 с.
2. Сорос Д. Алхимия финансов / Д. Сорос. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 416 с.
3. Banerjee A. A Simple Model of Herd Behavior / A. Banerjee // Quarterly Journal of Economics, 3(107), 1992.
4. Bikhchandani S. A theory of fads, fashion, custom, and cultural change as informational cascades / S. Bikhchandani, D. Hirshleifer, I. Welch // Journal of Political Economy. – 1992. – № 5(100). – P. 992-995.
5. Даніч В.М. Валютна паніка, ажіотаж та їх вплив на діяльність підприємств / В.М. Даніч, К.В. Шеховцова // БізнесІнформ, 2013. – № 6. – С. 8-13.
6. Лепа Р.Н. Управление развитием промышленных предприятий в условиях неоиндустриализации: механизм, модели и методы: моногр. / Р.Н. Лепа, А.А. Охтеня, Р.В. Прокопенко и др.; под общ. ред. Р.Н. Лепы / НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. – Киев, 2016. – 162 с.
7. Турлакова С.С. Проблемы проявления стадного поведения на уровне предприятия / С.С. Турлакова // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, 2014. – № 2(33). – С. 224-230.
8. Панюков А. Математическое моделирование экономических процессов / А. Панюков. – М.: Ленанд, 2015. – 192 с.
9. Гусева Е.Н. Экономико-математическое моделирование / Е.Н. Гусева. – М.: Флинта, МПСИ, 2008. – 216 с.
10. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
11. Draper N. Applied regression analysis / N. Draper, H. Smith. – New York: Wiley, 1981. – 693 p.
12. Catalao J. An Artificial Neural Network Approach for Day-Ahead Electricity Prices Forecasting / J. Catalao [et al.] // 6th WSEAS International Conference on Neural Networks, Stevens Point, June 16-18, 2005. – Pp. 80-83.