

Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 № 975) [www. economy.nayka.com.ua](http://www.economy.nayka.com.ua) | № 11, 2020 | 26.11.2020 р.

DOI: [10.32702/2307-2105-2020.11.59](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.11.59)

УДК 330.46

*О. М. Лобода,
к. т. н. доцент, доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій,
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»
ORCID ID: 0000-0001-9826-9443*

ЗАСТОСУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ В ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ

*O. Loboda
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of management and information technology,
Kherson state agrarian university*

APPLICATION OF SIMULATION MODELING AND SOFTWARE SYSTEMS IN THE IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE PROJECTS IN ECONOMIC SYSTEMS

В статті особливу увагу приділяється питанням проектування та використання програмних засобів на основі підходу імітаційного моделювання з метою підтримки прийняття рішень та дослідження товарних інноваційних проєктів на різних стадіях розвитку й впровадження їх в виробничо-економічні системи. Предметом дослідження є процеси підтримки прийняття рішень в виробничо-економічних системах, яку обумовлені впровадженням товарних інноваційних проєктів, а також економіко-математичні моделі й методи управління цими процесами. Особливим вкладом є обґрунтування необхідності для підтримки прийняття рішень при управлінні товарними інноваційними проєктами використання методів імітаційного та оптимізаційного моделювання на основі економіко-математичних моделей та методів зі залученням інформаційних систем. Розроблені вимоги до структури інформаційної системи при вирішенні управлінських задач.

The article focuses on the design and use of information systems based on simulation approaches to support decision-making and research product innovation projects at different stages of development and the production and economic systems that implement them. The subject of the research is decision support processes in production and economic systems, due to the introduction of product innovation projects, as well as economic and mathematical models and methods of managing these processes. The methodological basis was formed by the theory and methodology of decision-making and management of socio-economic systems, the provisions of management theory, general systems theory, management theory, systems analysis and operations research, methods of economic, mathematical and simulation modeling, statistical analysis, and

microeconomic forecasting. The object of the research is the production and economic system of an industrial enterprise, focused on the implementation of product innovation projects. An approach to solving the problem of managing the implementation of innovative projects in the production and economic system is considered on the example of the problem of volumetric planning. A special contribution is the justification of the need to support decision-making in the management of commodity innovation projects in production and economic systems using simulation methods based on economic and mathematical models and methods with the involvement of information systems. The comparison is made of the prevalence of software used to analyze the processes of implementation of innovative projects. Elimination of the identified problems of existing software solutions can be implemented by creating a specialized computer complex with an open architecture based on programming languages that have become standards in this area. It is advisable to talk about an extended system that would solve the problems of managing innovation processes based on an improved architecture, which can be a commercial software solution or a tool for providing consulting services. Also, requirements were developed for the structure of the information system for solving emerging management tasks.

Ключові слова: програмне забезпечення; управління; підтримка рішень; метод; математична модель; виробнича система; інноваційний проект; імітаційна модель.

Key words: software; management; decision support; method; mathematical model; production system; innovation project; simulation model.

Постановка проблеми. З огляду на те, що вектор розвитку економіки орієнтований на розвиток промисловості та продуктові інноваційні проекти викликають найбільший економічний ефект їх успішна реалізація не гарантована. Особливістю продуктових інноваційних проектів є те, що при впровадженні інноваційних проектів всі або окремі кроки реалізації проекту мають елементи новизни та невизначеності, котрі будуть залежати від конкретного проекту. При цьому інноваційний проект розглядається як відкрита система, що еволюціонує разом з зовнішнім середовищем. Такий проект є цілеспрямованою системою, що входить в декілька цілеспрямованих систем різного рівня (виробнича система, в якій здійснюється реалізація проекту, галузева система та ін.), а її частини можуть мати власні цілі (люди, які реалізують проект; стратегічний, виробничий, оперативний рівні управління та ін.) Основними супутніми признаками виробничих систем, які випускають продуктові інновації, є: труднощі [1, с.126-148], які пов'язані з управлінням із-за безлічі невизначеності пов'язаних з неповторністю процесу в зв'язку з наявністю наукової новизни; збільшенням матеріальної віддачі, що виявляється в збільшенні в порівнянні з традиційними продуктами доданої вартості; міждисциплінарності процесу пов'язаного з розробкою та випуском інноваційної продукції; багатофакторності процесу; ієрархічності структури факторів та елементів; значний об'єм інформації – дані та зв'язки, що визначає складність, пов'язану з наочністю; існування просторового та часового взаємозв'язку між елементами інноваційного проекту; здатність системи перемикатися на різні типи поведінки при змінні зовнішніх умов. При цьому, самі товарні інновації мають меншій, в порівнянні з традиційними продуктами, час життя товару, збільшену кількість модифікацій, їх випуск використовує більшу кількість підсистем виробничо-економічної системи, що задіяні в впровадженні продукту.

Крім цього з огляду на великий об'єм інформації, яку мають виробничі системи при впровадженні інноваційних проектів, відчувається її недолік в зв'язку з недостатнім об'ємом даних, наявністю даних, що носять недостовірний або несистематичний характер. Інноваційні розробки реалізуються в системах, що функціонують в умовах невизначеності, які проявляється по-різному - при визначенні цілей та підцілей, при появі випадкових факторів, при нестачі ресурсів. Джерелами невизначеності в системі є випадкові фактори, які взаємопов'язані та надають непрямий вплив на всі параметри виробничо-економічної системи в якій реалізується проект.

Все це разом накладає збільшену відповідальність на особу, що приймає рішення так як ризики [2, с.74-79], пов'язані з реалізацією інноваційного проекту, істотно зростають, а тобто, зростає затребуваність методів і підходів, що дозволяють повисити об'єктивність прийняття рішень при управлінні товарними інноваційними проектами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання управління та прийняття рішень при виробництві товарів в виробничо-економічних системах вперше були підняті Албертом Калмесом. В 1906 році вийшла його книга «Фабричне виробництво» в Сан Галене, в 1909 році в Лейпцизі книга «Фабрична бухгалтерія», а в 1911 році в Лейпцизі книга, яка стала основою розвитку даного напрямлення «Статистика в фабричному та товарному виробництві». Роботи Ф. Тейлора [3, с.24-49] і Г. Гантта, [4, с.122-135] лягли в основу таких наукових дисциплін, що виникли в середині ХХ століття, як промислової інженерії, що займається управлінням та організацією виробництва, а також, разом з роботами Ж. Фурье, Дж. фон Неймана та Л.В Канторовича, дослідження операції. Безліч авторів відмічають особливу роль управління та розширення області формалізації принципів управління та збільшення «гнучкості» в рамках існуючих підходів або створення більш нових удосконалених методів та моделей.

Одним з перспективних напрямків, підхід, який заснований на виробничих функціях. Основне напрямлення досліджень в цій області зосереджено на підтримці прийняття управлінських рішень в системах з нелінійною вартістю та в системах з комбінаторною структурою. Більшість досліджень в цій області присвячено задачам мінімізації вартості та прогнозуванню попиту. Важливою проблемою при розгляді таких задач є сумісний розгляд задачі ціноутворення, об'ємного планування виробництва та управління закупівлями. Вирішення такої задачі піднімає проблему вибору ринка ті внутрішньої структурної організації виробничо-економічних систем. Розгляд задачі в такому взаємозв'язку здобуло назву проблеми Вернера-Вітіна [5, с.89-96].

У 1995 році для опису дублюючих та удосконалених інновацій Пепаллом було запропоновано використовувати теорію ігор [6, с.265-269] для урахування взаємодії та впливу проектів один на одного. Такий підхід дозволив вийти на вирішення задачі управління змінами. Розвиток такого підходу в області управління інновацій в теперішній час пов'язано з агентним соціальним моделюванням та використанням прогнозів. Існує ще один підхід в якості моделі управління, яка основана на такому явищі як дифузія інновацій. Суть полягає в вивченні опиту впроваджених схожих продуктів в різних виробничих системах для виявлення загальних рис. Зазвичай підхід до управління інновацій в виробничих системах спирається на схему поетапного розвитку процесу, що проектується (метод моделювання Йордана, логічне моделювання Гейна. Робота з даними та моделювання дозволяють визначати основні тенденції розвитку системи, проводити аналіз чутливості до змін, враховувати ризики, відшукувати оптимальні співвідношення ефекту, який очікується та затрачених ресурсів.

Окремим великим напрямленням в управлінні соціально-економічними системами та виробничими системами є група методів, що основана на різних типах управління. Наприклад, в джерелах літератури широко описуються такі типи управління як управління фінансуванням, управління організаційними проектами, інституційне управління (управління в умовах обмежень), інформаційне управління. В рамках таких підходів розроблена безліч моделей, яка описує організацію фінансування, прийняття рішень визначеними суб'єктами, моделі поведінки та управління інституціями. Неможливо не відмітити досягнення Дж.Стігліца (модель Шапіро-Стігліца), моделі активних систем.

На початку 2000-х поширення здобули методи об'єктного моделювання. Такий підхід доцільно застосовувати до виробничо-економічних систем та має назву мультиагентні системи [7, с.32-43], які дозволяють враховувати такі фактори як автономність, залежність от зовнішніх факторів, гнучкість, проактивність, соціальний фактор інтелектуального управління в системі [8, с.130-134]. Найбільшою трудностю в рамках такого підходу є координація взаємодії між частинами виробничо-економічних систем [9, с.68-82].

Різноманіття підходів пов'язано з тим, що статистика, яку використовують для прийняття рішень частіше не повна, або не актуальна, або не стаціонарна в статистичному сенсі. Саме вивчення процесу реалізації інноваційних проектів пов'язане з вивченням, в першу чергу, перехідних періодів з етапу на етап реалізації інноваційного проекту. На проект істотний вплив надає людський фактор. Сам процес характеризується великою розмірністю, багатокритеріальністю. Тобто в цьому випадку, створення моделі для управління інноваціями в виробничо-економічних системах неможливо в рамках вузького математичного апарату.

Формування цілей статті. На основі підходів імітаційного моделювання для підтримки прийняття рішень та дослідження товарних інноваційних проектів на різних етапах розвитку та впровадження їх в виробничо-економічні системи розробити структурну реалізацію системи та її етапів.

Виклад основного матеріалу дослідження. В даний час склалась ситуація, коли розроблено безліч методів, що дозволяють розглядати задачу управління інноваціями проектами в різних аспектах. В рамках таких підходів розроблено безліч моделей прийняття рішень визначеними суб'єктами, поведінки та управління інституціями.

Кожен з розроблених підходів вирішує специфічну задачу. В зв'язку з чим, має свою обмежену область застосування та використовує свій набір даних зібраних з різних джерел, які характеризують проект та виробничо-економічну систему, в якій він реалізується. Було б доцільно враховувати високі результати, які вони дозволяють досягати при вирішенні локальних завдань.

Процес моделювання буде зводитися до застосування набору типових або авторських моделей для кожної зі складових інноваційного проекту. При побудові імітаційних моделей можливо поєднати декілька підходів, якщо розглядати проект як об'єкт зі складною структурою, який взаємодіє з іншими проектами, та для якого виробнича система є зовнішнім середовищем. В свою чергу, для виробничої системи зовнішнім середовищем буде середовище ринку. При цьому кожен з об'єктів складається з елементів, які описують підсистеми та ресурси об'єкту, а значення основних змінних є загальними та змінюються з урахуванням взаємовпливу один одного та додаткових зовнішніх факторів. Спільне використання множини підходів, при наявності такої можливості, також буде збільшувати об'єктивність оцінок за рахунок зниження значення ентропії [10, с.57-62].

Першим кроком побудови моделі буде визначення набору методів, моделей, методики, які будуть задовольняти відомій інформації о системі і цілям реалізації проекту:

$$\{I, \Gamma, \varphi\} \rightarrow \{M_i(m_{ik_i})\}$$

де I - інформація, якою володіє агент на момент прийняття рішення; Γ - цілі; $\varphi=(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n)$ - вектор моделей продуктивних інноваційних проектів, які уявлені у вигляді кортежу:

$$\varphi_i = \{P, T\}$$

де P - множина значень параметрів управління; T - множина попиту проекту в ресурсах; i - номер проекту; M_i - використана методика; m_{ik_i} - параметр методики, що використовується.

Взаємозв'язок між методами може бути уявлена в наступному вигляді:

$$[\psi_j] = \left([A][K]^T \begin{bmatrix} M_1(m_{1k_1}) \\ \dots \\ M_l(m_{lk_l}) \end{bmatrix} \right)$$

де $[A]$ - матриця інцидентності, $[\psi]$ - вектор оцінок методики, що використовуються; $[K]$ - діагональна матриця коригуючих коефіцієнтів; $[M_i]$ - оцінка методики, що використовуються; l - кількість використаних складових методики.

Якщо вдається встановити взаємозв'язок між методами, то це дозволяє перейти до апарату виробничих функцій та сформулювати задачу управління як оптимізаційну задачу ($J\{mik\} \rightarrow opt$) або побудувати імітаційну модель, елементи якої будуть відповідати обраним методам.

В обох випадках стоїть питання виборі точок прийняття рішень. Прийняття рішень – це процес, який залежить від множини показників та пов'язаний з етапами реалізації проекту, внутрішніми виробничими циклами. Кількість параметрів, що оцінюються та особливості внутрішньої організації безпосередньо впливають на кількість точок прийняття рішення та розмірність задачі, що вирішується.

Формалізація задач у вигляді оптимізаційних задач може зіткнутися з проблемою NP – повноти. Так наприклад задача сумісного розгляду вибору ринку та об'ємного планування виробництва відноситься до цього класу задач і її вирішення можливе тільки при фіксуванні окремих факторів [11, с.256-274] або методами чисельного моделювання.

Слід враховувати, що інноваційні проекти реалізуються не в замкнутому середовищі. Це означає, що на параметри задачі будуть оказувати вплив зовнішні фактори. В задачах планування ці фактори можуть бути здобуті на основі експертних оцінок та прогнозів, що не виключає помилок. Тому важливою складовою дослідження є чутливість рішень, що приймаються до відхилення параметрів зовнішнього середовища (параметрів, які характеризують ринок та виробничо-економічну систему), які можуть володіти Марківськими властивостями та змодельовані методом Монте-Карло.

В умовах, коли рішення приймається на перспективу та статистичних даних недостатньо, багато параметрів визначається на основі прогнозів [12, с.1494-1500], в тому числі й параметри оптимізаційних задач.

Тоді загальна схема побудови та роботи з моделлю в точках прийняття рішень буде відрізнятися від класичної схеми побудови імітаційної моделі [13, с.64-68] за рахунок її замикання. Розгляд задачі управління інноваційними проектами в мікроекономічних системах можливо розбити на два етапи, на яких розглядаються специфічні задачі управління: етап підготовки або вибору проектів, етап реалізації проекту в виробничо-економічній системі.

На етапі підготовки та вибору проектів розглядаються задачі формування портфелю проектів, підготовки та підбору проекту під задані вимоги, прийняття рішення о початку та тривалості проекту в кон'юнктурі, що склалася, задача вибору ринку.

На етапі реалізації проекту: задача об'ємно-календарного планування з урахування впливу середовища, в якій він реалізується, підбору персоналу для реалізації проекту, визначення цільових значень показників для проекту. Формування конкретної задачі, що вирішується виконується лицем, яке приймає рішення виходячи з потреб та особливостей системи, що розглядається. Формалізація задачі може здійснюватися в рамках

концепції виробничої функції. Облік впливу середовища може враховувати ці параметри, які допускають в розрахунках. Такий облік в задачах прийняття рішень та планування може здійснюватися тільки на основі даних прогнозів з урахуванням їх достовірності через перехід в нечітке уявлення здобутих величин та моделювання можливих відхилень. Найменша точність прогнозів при цьому буде на найбільш видалених в часі інтервалах, а саме погляд в віддалене майбутнє оказує найбільший вплив на прийняття рішень о початку реалізації проектів та стратегічне планування для їх реалізації.

При використанні елементів імітаційного моделювання з'являється можливість проведення досліджень на стійкість одержаних рішень, чутливість до вхідних даних, а також можливість перейти до рішення оберненої задачі – визначення умов при яких можуть бути виконані цільові значення для виробничо-економічної системи. Побудові та дослідження імітаційних моделей для визначених задач можливе тільки з застосуванням комп'ютерної техніки.

Розглянемо підхід до вирішення задачі управління реалізацією інноваційних проектів в виробничо-економічній системі на прикладі задачі об'ємного планування.

В класичні постановці задача об'ємного планування виглядить наступним чином – нехай $x_i, i = \overline{1, N}$ - вектор невідомих, кожна компонента якого визначає кількість продукції, що випускається типу i . Тоді критерій оптимальності даної задачі, визначає максимум прибутку підприємства, запишемо у наступному вигляді:

$$\sum_i C_i x_i \rightarrow \max$$

де $C_i, i = \overline{1, N}$ - чистий прибуток від виробництва i -го товару.

Обмеження на виробничі потужності можливо представити у наступному вигляді:

$$\sum_i R_{ij} x_i \leq P_j, j = \overline{1, M}$$

де $R_{ij}, j = \overline{1, M}, i = \overline{1, N}$ – потреба в потужність кожного типу обладнання на одиницю готового виробу, що задається на основі технологічних маршрутів виробництва; $P_j, j = \overline{1, M}$ – загальний ресурс потужності для кожного типу обладнання знайдений з розрахунку середньої продуктивності за всіма типами обладнання.

Аналогічним чином представляємо обмеження на ключові матеріали:

$$\sum_i S_{ki} x_i \leq T_k, k = \overline{1, K}$$

де $S_{ki}, k = \overline{1, K}, i = \overline{1, N}$ - потреба в ключових матеріалах на одиницю готового виробу, що задається на основі специфікації виробів; $T_k, k = \overline{1, K}$ - об'єм доступних ключових матеріалів, визначений на основі стану складу та плану закупівлі.

Обмеження на ринку продажів, як за окремими товарами, так і по окремим товарам, так й по їх сукупності, можливо представити у вигляді:

$$\sum_i \alpha_i^q x_i \leq G^q, q = \overline{1, Q}$$

де $\alpha_i^q \in [0, 1]$, 1 – якщо i -ий товар належить сукупності q , 0 – якщо i -ий товар не належить сукупності

q ; $G^q, q = \overline{1, Q}$, - обмеження по ринку збуту, що визначається на основі прогнозу.

При розгляді задачі об'ємно-календарного планування C_i і G^q стають залежними від часу та визначаються на основі даних прогнозу. В цьому випадку виникає задача визначення чутливості одержаних результатів до коливання даних, що одержані в результаті прогнозування.

З приведених раніше досліджень видно, що вирішення задачі управління інноваційними проектами зачіпає безліч спеціальних розділів науки (системний аналіз та дослідження операцій, математична статистика, математичне та імітаційне моделювання, менеджменту та ін.). Такі задачі можуть бути вирішені з використанням різноманітних програмних рішень:

- мови програмування (C/ C++/ C#, Java, Python, , Modelica, AMPL, R);

- програми, що використовуються для моделювання MathLab, VisSim, ANSYS, SciLab, LMS Imagine.Lab Amesim, AnyLogic, Modelica (Dymola), Simul8);
 - програмні розробки для роботи з статистичними даними (IBM SPSS Statistics, Megaputer's PolyAnalyst, Alpine, SPSS, Angoss, Minitab, NCSS, SAS, SAS Enterprise Miner, Alteryx, IBM SPSS Modeler, Pentaho, EViews, Systat, R (RapidMiner, R Commander, RKWard, RStudio, WEKA, InfoCentricity Xeno, JMP, KNIME, Lavastorm, Mathworks' MATLAB, RapidMiner, Salford Predictive Modeler (SPM), SAP'S KXEN, Stata, Statistica)
 - програмні пакети для вирішення оптимізаційних задач (ModelCenter, MIDACO, optiSLang, General Algebraic Modeling System, OptiY, LIONsolver, Lingo, Kimeme, XTREME, Gurobi, IPOPT, FILTER, FortMP, Mathematica, MathCad, Maple)
 - програмні засоби в області прийняття бізнес-рішень (AIMMS, RDE (prudsys))
- Проаналізуємо найбільш поширені рішення з точки зору їх затребуваність (табл.1).

Таблиця 1.
Порівняння поширеності програмного забезпечення, що використовується для аналізу процесів впровадження інноваційних проектів

| Програмне забезпечення | Країна розробник | Ліцензія | Популярність (кількість статей в WoS/Scopus) | Затребуваність (кількість пропозицій роботи) | Тип ПЗ |
|---|-----------------------|-----------------|--|--|-----------------------------|
| Stata - http://www.stata.com/ StataCorp | США | Комерційне ПЗ | 6881/ 4898 | 9 | |
| SAS - http://www.sas.com/ SAS Institute Inc. | США | Комерційне ПЗ | 125319/ 161270 | 264 | |
| SPSS - www.ibm.com/software/analyt ics/spss/ Statistics та Modeler (IBM Inc.) | США- Німеччина | Комерційне ПЗ | 51257/ 30380 | 98 | Незалежне ПЗ з підтримкою R |
| RapidMiner - http://rapidminer.org/ RapidMiner GmbH | Німеччина | Open Source GNU | 152/ 195 | 9 | На базі R |
| SciLab - http://www.scilab.org/ SciLab Enterprises S.A.S | Франція | Open Source GNU | 465/ 603 | 6 | |
| MatLab - http://www.mathworks.com/ The MathWorks Inc. | США | Комерційне ПЗ | 59148/ 96235 | 782 | |
| Statistica – http://www. Statsoft.com/ DELL Inc. | США | Комерційне ПЗ | 5839/ 4883 | 2 | Незалежне ПЗ з підтримкою R |
| Weka – http://www.cs.waikato.ac.nz/ml.weka/ The University Waikato | Нова Зеландія | Open Source GNU | 930/ 1789 | 7 | На базі R |
| Pentaho Business Analytics – http://www.pentaho.com/ Pentaho Corp. | США | Shareware | 35/ 28 | 25 | |
| R The R Foundation – http://www.r-project.org/ | Спільнота розробників | Open Source GNU | 56975/ 68123 | 200 (оціночне) | |
| NCSS – http://www.ncss.com/ NCSS Statistical Software | США | Комерційне ПЗ | 1689/ 1956 | - | |
| MiniTab- Minatab Inc. | США | Комерційне ПЗ | 962/ 1256 | 5 | |

| | | | | | | |
|--|---|--------------------------|--------------------|-----------------|---|---|
| EvIEWS http://www.eviews.com/ INS Global Inc | - | США | Комерційне ПЗ | 348/ 325 | - | |
| KNIME http://www.knime.org/ KNIME.com AG | - | Швейцарія | Open Source GNU | 93/ 112 | 7 | Інтеграція з Python, R, SQL, Java, JSON, XML |
| VisSim http://www.vissim.com/ Altair Engineering | - | США | Комерційне ПЗ | 689/ 1356 | - | |
| Maple http://www.maplesoft.com/ Waterloo Maple Inc. | - | Канада | Комерційне ПЗ | 10253/ 15685 | - | |
| Mathematica http://www.wolfram.com/ mathematica/ Wolfram Research | - | США | Комерційне ПЗ | 150/ 231 | 3 | |
| Lindo http://www.lindo.com/ LINDO SYSTEMS | - | США | Shareware | 956/ 1562 | - | |
| Modelica https://www.modelica.org Modelica Association | - | Спільнота розробників | - | 841/ 1232 | 4 | |
| AMPL http://www.ampl.com/ AMPL Optimization Inc. | - | США | Комерційне ПЗ | 199/ 356 | 3 | |
| SimuL8 http://www.simul8.com/ SIMUL8 Computation | - | США | Комерційне ПЗ | 65/ 89 | - | |

З порівняльного аналізу видно, що попит на програмне забезпечення присутній як зі сторони виконавця робіт, так й роботодавців. При цьому за виключенням декілька універсальних рішень (Simul8, MatLab, Mathematica) та мов програмування поставлені задачі не можуть бути комплексно вирішеними. Універсальні пакети мають ціну від декілька тисяч доларів США, а мови програмування потребують навиків програмування, при чому ціна деяких завищена. Крім цього використання спеціалізованих систем для аналізу інноваційних проектів є часто скрутним в зв'язку зі спеціалізацією програмних комплексів, що є в наявності. Наприклад, система MatLab має недопустиму низьку швидкість роботи навіть з невеликими об'ємами даних, система RapidMiner не має можливості організації циклічних розрахунків, всі системи не мають можливості для генерування нових даних на основі результатів прогнозування після закінчення вхідних статистичних даних та ін.

При великій кількості розробленого програмного забезпечення, його розробники та споживачами є в більшості компанії Германії, США та інших країн з високоєфективними виробництвами та розвинутими ринками. Висока вартість та велика кількість пропозицій разом з відсутнім, на даний час, розв'язками, які враховують специфіку інноваційних проектів говорить о не зайнятому ринку та підтверджує потребу спеціалізованих комп'ютерних комплексів, що дозволяють аналізувати статистичні дані та проводити концептуальне бізнес-моделювання. Усунення виявлених проблем існуючих програмних рішень може бути реалізовано шляхом створення спеціалізованого обчислюваного комплексу з відкритою архітектурою на базі мов, що стали де-факто стандартами в цій галузі (R и Modelica). Доцільно вести мову о розширеній системі, яка б вирішувала задачі управління інноваційними процесами на базі удосконаленої архітектури, яка може бути комерціалізована як програмне рішення, так і інструмент для надання консалтингових послуг. З урахуванням задач, що розглядаються при управлінні інноваційними проектами в виробничо-економічних системах, така система може мати структуру, що представлена на рис.1. Робота з моделями в такій системі складається з декілька кроків. По-перше необхідно читання даних та їх підготовка (блоки 1 та 2 на рис.1) для формування потоку синхронізованих даних. Наприклад, в випадку якщо різні змінні мають статистичний набір значень з різними інтервалами, тоді необхідно або фільтрувати один набір даних або доповнювати інший. При наявності пробілів даних або продовження розрахунків на інтервали, для яких немає статистики слід їх доповнювати даними здобутими в результаті екстраполяції або даними здобутими в результаті прогнозу.

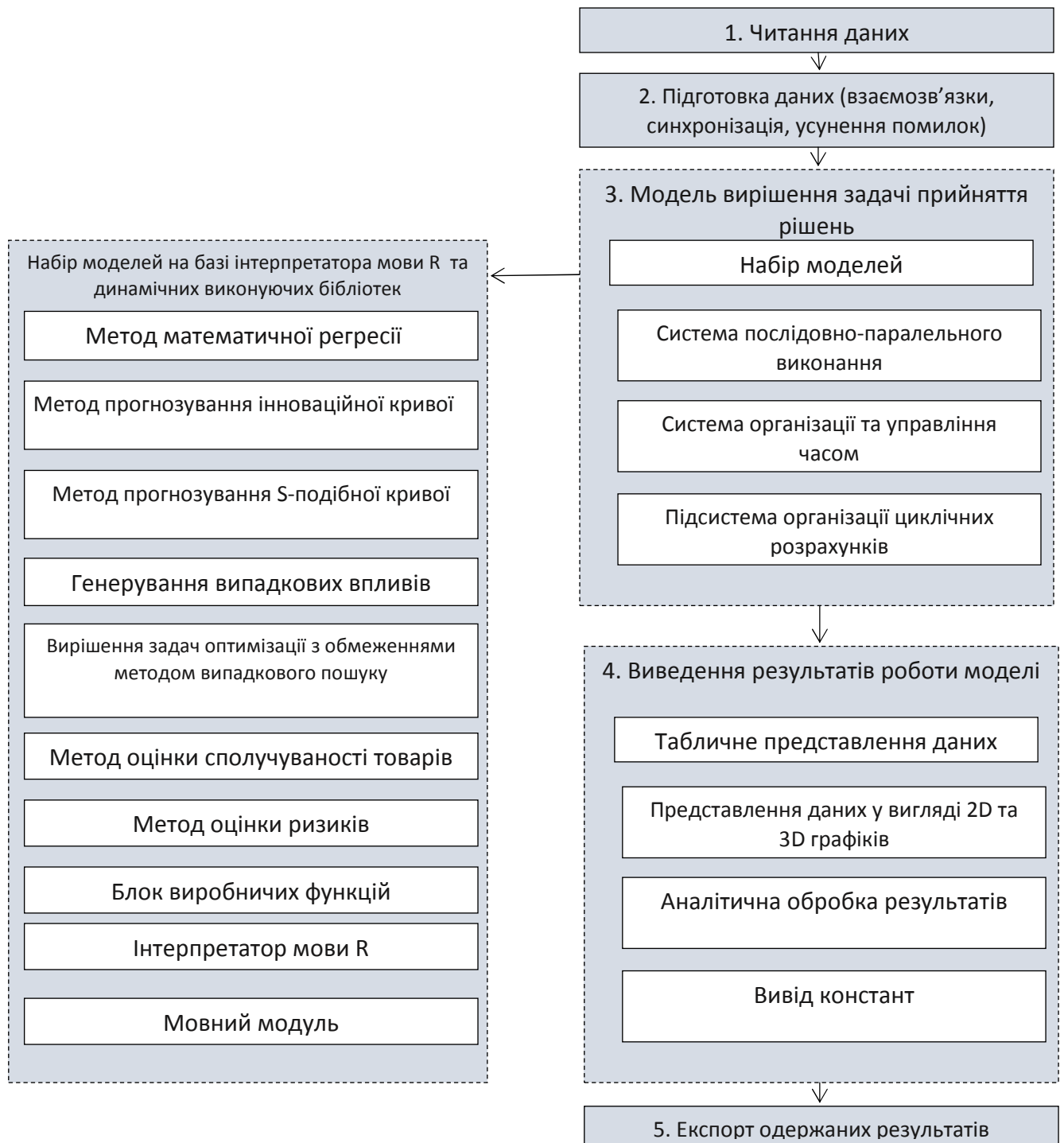


Рис. 1. Структура інформаційної системи для прийняття управлінських рішень при аналізі інноваційних проектів, що реалізуються в виробничо-економічних системах

Основним етапом реалізації системи є роботи з моделлю (блок 3 на рис.1). цей блок отримує потік даних, проводить його обробку та видає деякі результати, з якими буду працювати експерт. Для цього необхідно використовувати набір методів для оцінки різноманітних характеристик виробничо-економічної системи, що вивчається та підхід, що дозволяє їх поєднати в загальну модель. Окремі методи вже відомі та можуть бути використані при реалізації системи. Зокрема, відомим є метод математичної регресії та ряд інших методів екстраполяції функцій. Існує декілька підходів для формалізації інноваційних кривих [12, с.1494-1500] - метод Монте-Карло для моделювання випадкових впливів, методи рішення оптимізаційних задач, алгоритми типу SlopeOne, засоби оціни ризиків [2, с.74-79], підходи на основі виробничих функцій [14, с.104-110].

Використання різноманітних методів та підходів в рамках єдиної моделі може реалізовуватися декількома способами: послідовним, пошаровими та паралельним розрахунками.

При використанні послідовного розрахунку кожна модель здобуває номер в відповідності з порядком розрахунку та використовує поточні значення вхідних даних в відповідності з закладеним в неї алгоритмом та здобуває вихідні значення і ін. поки не будуть проведені розрахунки зі всіма елементами моделі.

Наступним способом розрахунку є пошаровий розрахунок, який найбільш частіше використовується при роботі з нейронними мережами. Це можливо, якщо елементи моделі можливо розбити на «шари» - блоки, робота яких не залежить від даних здобутих в блоках, що знаходяться на тих же «шарах». Таким чином розрахунок виконується послідовно групами блоків, що дозволяє на обчислювальних комплексах з декілька ядрами збільшити продуктивність розрахунків.

Використання паралельних розрахунків можливе в випадку, якщо допустимо використання поточних вхідних даних для здобутку результату в кожному блоці. На практиці це приводить до того, що поширення даних та отримання достовірних результатів від входу до виходу відбувається з запізненням, яке залежить від кількості послідовно-включених блоків моделі від її входу до виходу. Однак, такий підхід без обмежень дозволяє розпаралелити обчислювальний процес на відміну від попередніх потребує використання математичного апарату на базі теорії матриць:

$$[\varphi] = -([A][M][A]^T)^{-1}[A][M][E]$$

де $[\varphi]$ – матриця значень величин на виході блоків моделі, $[A]$ – матриця інцидентності, що показує взаємозв'язки між елементами моделі, $[M]$ – матриця значень, що показує во скільки разів буде скоректована величина вхідних значень елемента моделі, $[E]$ – матриця додаткового впливу та відхилень, які моделюють випадкові впливи зовнішнього середовища.

Важливою особливістю імітаційного моделювання при наявності випадкових або псевдовипадкових впливів на систему є можливість багаторазового розрахунку та отримання таким чином статистичної інформації о можливих діапазонах відхилення здобутих рішень й вірогідних оцінок тих чи інших результатів. Також при плануванні розрахунків на віддалену перспективу та знаючи в які моменти часу яка статистична інформація здобувалась, можливо одержувати рішення з прив'язкою до часу в майбутньому та оцінювати цю можливість точно в строк, на випередження або з запізненням. Блоки 4 та 5 на рис.1 служать для накопичення, відображення та збереження накопичених даних, які одержані в результаті проведених розрахунків.

Висновки з проведеного дослідження. В результаті розгляду виникаючих задач та існуючих рішень на ринку інформаційних систем можливо зробити висновок о необхідності в існуванні спеціалізованого рішення, яке б дозволяло проводити аналіз управлінських рішень, що приймаються з метою збільшення їх об'єктивності. Розглянувши питання проектування та використання інформаційних систем на основі підходів імітаційного моделювання для підтримки прийняття рішень та дослідження товарних інноваційних проектів на різних етапах розвитку та впровадження їх виробничо-економічних систем запропоновано структурна реалізація системи та її етапів. В результаті виникає окрема задача визначення мінімального набору функціональних елементів, які дозволяють вирішувати визначені задачі та питання, що пов'язані з опрацюванням даних великою розмірності для підвищення точності одержаних оцінок.

Список літератури.

1. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: навч. посібник. К.: КНЕУ, 2003. 408 с.
2. Каверіна, Н. О. Науково-методичні підходи до аналізу та оцінки ризиків інноваційної діяльності. Scientific Journal «ScienceRise», 2014. Том 5, №3. С. 74-79.
3. Taylor F.W. The principles of scientific management. New York, NY: Norton, 1967. 144 с.
4. Gantt H.L., Forrer D. Organizing for work/ by Henry Laurence Gantt; edited and introduction by Donald A. Forrer. Florida: Dr, Donald, 2006. 218с.
5. Wagner H.M., Whitin T.M. Dynamic version of the economic lot size model. Management Science. 1958. № 5. С. 89–96.
6. Pepall L. Imitative Competition and Product Innovation in a Duopoly Model. Economica. 1995. № 64. С. 265–269.
7. Кузубов М.В., Єдинак О.М.. Моделювання економічних і еколого-економічних процесів. К.: КСУ, 2010.170 с.
8. Лобода О.М., Кириченко Н.В. Актуальні проблеми ідентифікації та моделювання структури управління підприємством. Наука й економіка. 2015. №3. С.130-134.
9. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. К.: Наук. думка, 1982. 216 с.
10. Марасанов В.В., Пляшкевич О.М. Основы теории проектирования и оптимизации макроэкономических систем. Херсон: Айлант, 2002.190с.
11. Стеценко І.В. Моделювання систем. Черкаси, 2010. 399 с.

12. Лобода О.М. Побудова моделі динаміки розвитку аграрного підприємства в вигляді магістралі росту. Економіка та суспільство. Мукачєво, 2018. Вип. 13. С. 1494– 1500.

13. Лобода О.М. Вирішення задачі ідентифікації структури управління підприємства. Сучасна спеціальна техніка. Київ, 2012. №3. С.64-68.

14. Лобода О.М., Димов В.С. Моделі та методи інформаційних технологій управління аграрного сектору економіки за допомогою достатніх умов оптимальності. Проблеми інформаційних технологій. Херсон, 2018. Вип.01(023), С. 104–110.

References.

1. Vitlinskyi, V.V. (2003), *Modeliuvannia ekonomiky: navch. posibnyk* [Modeling the economy: a textbook], KNEU, Kyiv, Ukraine, P. 408.

2. Kaverina, N. O. (2014), "Scientific and methodological approaches to the analysis and assessment of risks of innovation", *Scientific Journal «ScienceRise»*, vol. 5, issue 3, pp. 74-79.

3. Taylor F.W. The principles of scientific management. New York, NY: Norton, 1967. 144 p.

4. Gantt H.L., Forrer D. Organizing for work/ by Henry Laurence Gantt; edited and introduction by Donald A. Forrer. Florida: Dr, Donald, 2006. 218p.

5. Wagner, H.M.and Whitin, T.M. (1958), "Dynamic version of the economic lot size model", *Management Science*, vol. 5, pp. 89–96.

6. Pepall, L. (1995), "Imitative Competition and Product Innovation in a Duopoly Model", *Economica*, vol. 64, pp. 265–269.

7. Kuzubov, M.V. and Yedynak, O.M. (2010), *Modeliuvannia ekonomichnykh i ekoloho-ekonomichnykh protsesiv* [Modeling of economic and ecological-economic processes], KSU, Kyiv, Ukraine, P. 170.

8. Loboda, O.M. and Kyrychenko, N.V. (2015), "Current problems of identification and modeling of enterprise management structure", *Nauka y ekonomika*, vol. 3, pp.130-134.

9. Ivahnenko, A.G. (1982), *Induktivnyj metod samoorganizacii modelej slozhnyh sistem* [An inductive method for self-organization of models of complex systems], Nauk. dumka, Kyiv, Ukraine, P. 216.

10. Marasanov, V.V. and Pliashkevych, O.M. (2002), *Osnovy teorii proektuvannia i optymizatsii makroekonomichnykh system* [Fundamentals of the theory of design and optimization of macroeconomic systems], Ailant, Kherson, Ukraine, P. 190.

11. Stetsenko, I.V. (2010), *Modeliuvannia system* [Systems modeling], Cherkasy, Ukraine, P. 399.

12. Loboda, O.M. (2018), "Construction of a model of the dynamics of development of an agricultural enterprise in the form of a growth highway", *Ekonomika ta suspilstvo*, vol. 13, pp. 1494– 1500.

13. Loboda, O.M. (2012), "Solving the problem of identifying the management structure of the enterprise", *Suchasna spetsialna tekhnika*, vol. 3, pp.64-68.

14. Loboda, O.M. and Dymov, V.S. (2018), "Models and methods of information technology management of the agricultural sector of the economy with sufficient optimality conditions", *Problemy informatsiinykh tekhnolohii*, vol. 01(023), pp. 104–110.

Стаття надійшла до редакції 29.10.2020 р.