

## ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ СОЦІАЛЬНО ВІДПОВІДАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА З РЕАЛІЗАЦІЄЮ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ ЩОДО РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ

© 2019 ПОТРАШКОВА Л. В.

УДК 174:004.942:65.011  
JEL Classification: C63; M14; M21

Потрашкова Л. В.

### Імітаційна модель соціально відповідальної діяльності підприємства з реалізацією нечіткого логічного висновку щодо рівня екологічності

Прийняття рішень з управління соціально відповідальною діяльністю підприємства має базуватися на оцінюванні наслідків такої діяльності для самого підприємства та його стейкхолдерів. Для оцінювання цих наслідків мають бути розроблені математичні моделі соціально відповідальної діяльності підприємства, які враховують специфіку такої діяльності. Метою дослідження є формування концептуальних вимог щодо відображення особливостей соціально відповідальної діяльності підприємств у мікроекономічних імітаційних моделях, а також побудова на цій основі імітаційної моделі соціально відповідальної діяльності поліграфічного підприємства (типографії). Для досягнення поставленої мети у дослідженні сформовано вимоги до побудови імітаційних моделей соціально відповідальної діяльності підприємства, зокрема, до складу їхніх факторів і відзуків. Обґрунтовано, що множина факторів у таких моделях має містити показники вартості, якості, екологічності та безпечності ресурсів, а також показники придатності ресурсів для задоволення потреб осіб з обмеженими можливостями. Множина відзуків у таких моделях має містити показники задоволення різних типів потреб стейкхолдерів (фінансових; у якості життя; у розвитку), а також показники відтворення потенціалу підприємства. Виявлено зв'язки між зазначеними показниками ресурсів і результатів діяльності підприємства. Сформовано типову діаграму причинно-наслідкових зв'язків соціально відповідальної діяльності підприємства. Для описання зв'язків між характеристиками ресурсів та рівнем соціальної відповідальності підприємства запропоновано використовувати інструментарій нечіткої логіки. На основі запропонованих концептуальних вимог засобами MatlabSimulink побудовано імітаційну модель соціально відповідальної діяльності типографії, яка дозволяє оцінити наслідки такої діяльності для самого підприємства та його стейкхолдерів. У розробленій моделі використані показники вартості, якості, екологічності та безпечності ресурсів, які відповідають спеціалізації підприємства. Оцінку екологічності типографії отримано шляхом реалізації у моделі операції нечіткого логічного висновку.

**Ключові слова:** соціально відповідальна діяльність підприємства, імітаційне моделювання, нечітка логіка.

**DOI:** <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-4-277-285>

**Рис.:** 6. **Табл.:** 2. **Бібл.:** 8.

**Потрашкова Людмила Володимирівна** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем і технологій, Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця (просп. Науки, 9а, Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** lv7@ukr.net

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8239-2794>

**Researcher ID:** <http://www.researcherid.com/rid/V-4144-2017>

УДК 174:004.942:65.011  
JEL Classification: C63; M14; M21UDC 174:004.942:65.011  
JEL Classification: C63; M14; M21

### Потрашкова Л. В. Имитационная модель социально ответственной деятельности предприятия с реализацией нечеткого логического вывода относительно уровня экологичности

### Potrashkova L. V. A Simulation Model of Social Responsibility of an Enterprise with the Implementation of Fuzzy Inference to Estimate the Level of Ecological Safety

Принятие решений по управлению социально ответственной деятельностью предприятия должно базироваться на оценке последствий такой деятельности для самого предприятия и его стейкхолдеров. Для оценки этих последствий должны быть разработаны математические модели социально ответственной деятельности предприятия, учитывающие специфику такой деятельности. Целью исследования является формирование концептуальных требований к отображению особенностей социально ответственной деятельности предприятий в микроэкономических имитационных моделях, а также построение на этой основе имитационной модели социально ответственной деятельности полиграфического предприятия (типографии). Для достижения поставленной цели в исследовании сформированы требования к построению имитационных моделей социально ответственной деятельности предприятия, в частности, к составу их факторов и откликов. Обосновано, что множество факторов в таких моделях должно содержать показатели стоимости, качества, экологичности и безопасности ресурсов, а также по-

Decision-making on corporate social responsibility (CSR) should be based on assessment of consequences of the enterprise's activities both for the enterprise itself and its stakeholders. To assess these consequences, mathematical models of social responsibility of an enterprise taking into account the specifics of the enterprise's activities should be developed. The aim of the study is to formulate conceptual requirements for displaying the characteristics of CSR in microeconomic simulation models as well as to build on this basis a simulation model of social responsibility of a printing plant (printing house). To achieve this goal, the study forms the requirements for building simulation models of social responsibility of an enterprise, in particular, those to the composition of their factors and responses. It is proved that many factors in these models should contain indicators of cost, quality, ecological and resource safety, as well as indicators of suitability of resources to meet the needs of persons with disabilities. The set of responses in the models should contain indicators reflecting satisfaction of various needs of stakeholder (concerning financial issues; quality of life; development) as well as indicators of reproduction of the enterprise's potential. The relationship among these resource indicators and

казатели пригодности ресурсов для удовлетворения потребностей лиц с ограниченными возможностями. Множество откликов в таких моделях должно содержать показатели удовлетворения различных типов потребностей стейкхолдеров (финансовых; в качестве жизни; в развитии), а также показатели воспроизводства потенциала предприятия. Выявлены связи между указанными показателями ресурсов и результатов деятельности предприятия. Сформирована типовая диаграмма причинно-следственных связей социально ответственной деятельности предприятия. Для описания связей между характеристиками ресурсов и уровнем социальной ответственности предприятия предложено использовать инструментарий нечеткой логики. На основе предложенных концептуальных требований средствами Matlab/Simulink построена имитационная модель социально ответственной деятельности типографии, которая позволяет оценить последствия такой деятельности для самого предприятия и его стейкхолдеров. В разработанной модели использованы показатели стоимости, качества, экологичности и безопасности ресурсов, которые соответствуют специализации предприятия. Оценка экологичности типографии получена путем реализации в модели операции нечеткого логического вывода.

**Ключевые слова:** социально ответственная деятельность предприятия, имитационное моделирование, нечеткая логика.

**Рис.:** 6. **Табл.:** 2. **Библ.:** 8.

**Потрашкова Людмила Владимировна** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры компьютерных систем и технологий, Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнецова (просп. Науки, 9а, Харьков, 61166, Украина)

**E-mail:** lv7@ukr.net

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8239-2794>

**Researcher ID:** <http://www.researcherid.com/rid/V-4144-2017>

the enterprise's performance is revealed. A typical diagram of cause-effect relationship among enterprise's activities with regard to social responsibility is formed. To describe the relationship among the characteristics of resources and the level of social responsibility of the enterprise, it is proposed to use fuzzy logic tools. Based on the presented conceptual requirements, using Matlab Simulink tools, a simulation model of social responsibility of the printing house is built, which allows assessing consequences of the enterprise's activities with regard to social responsibility both for the enterprise itself and its stakeholders. In the developed model, indicators of cost, quality, ecological and resource safety that correspond to the specialization of the enterprise are used. The estimation of ecological safety of the printing house is obtained by implementing the fuzzy inference process in the model.

**Keywords:** social responsibility of an enterprise, simulation modeling, fuzzy logic.

**Fig.:** 6. **Tabl.:** 2. **Bibl.:** 8.

**Potrashkova Lyudmyla V.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Systems and Technologies, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics (9a Nauky Ave., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** lv7@ukr.net

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8239-2794>

**Researcher ID:** <http://www.researcherid.com/rid/V-4144-2017>

**Вступ.** Прийняття рішень з управління соціально відповідальною діяльністю підприємства має базуватися на оцінюванні наслідків такої діяльності для самого підприємства та його стейкхолдерів. Для оцінювання цих наслідків мають бути застосовані математичні моделі соціально відповідальної діяльності підприємства, які урахують специфіку такої діяльності. Огляд літератури дозволив виявити приклади економіко-математичних моделей, у яких враховано явище соціальної відповідальності. Так, наприклад, у мультиагентній моделі, запропонованій Т. Hashimoto, N. Shinohara та S. Egashira, формалізовано взаємодію виробників і споживачів з приводу купівлі-продажу суспільно значущих благ [1]. У багатокритеріальній моделі прийняття управлінських рішень, розробленій А. Aliakbaria та М. Seifbarghy, оцінка переваги кожного постачальника залежить від рівня його соціальної відповідальності [2]. У запропонованих С. К. Рамазановим динамічних моделях економічних систем враховано екологічний аспект діяльності [3–5]. Але ці й інші існуючі сьогодні економіко-математичні моделі описують лише окремі аспекти соціально відповідальної діяльності підприємств. Причиною цього є те, що концептуальні засади моделювання соціально відповідальної діяльності підприємств ще недостатньо розроблені. Задля сприяння поступовому вирішенню зазначеної наукової проблеми у цьому дослідженні розглянемо особливості імітаційного

моделювання соціально відповідальної діяльності підприємства.

**Метою** дослідження є формування концептуальних вимог щодо відображення особливостей соціально відповідальної діяльності підприємств у мікроекономічних імітаційних моделях, а також побудова на цій основі імітаційної моделі соціально відповідальної діяльності поліграфічного підприємства (типографії).

1. Концептуальні вимоги до побудови імітаційної моделі соціально відповідальної діяльності підприємства

Основні стадії побудови імітаційних моделей є такими [6; 7]:

- 1) постановка завдання;
- 2) розробка концептуального опису аналізованої системи, зокрема:
  - визначення складу змінних моделі;
  - визначення причинно-наслідкових зв'язків між змінними моделі;
  - побудова діаграми причинно-наслідкових зв'язків моделі;
- 3) вибір концепції формалізації;
- 4) створення програмної реалізації моделі, здійснення її верифікації та валідації.

Сформуємо концептуальні вимоги до другої та третьої з наведених стадій з урахуванням специфіки соціально відповідальної діяльності підприємства (СВДП).

Вимоги до складу факторів і наслідків, які мають бути враховані у моделі СВДП. Під соціально відповідальною діяльністю підприємства будемо розуміти таку його діяльність, яка [8]:

- 1) відповідає не тільки вимогам законодавства, але й нормам соціально відповідальної поведінки, які відображають уявлення соціуму про обов'язки бізнесу щодо задоволення інтересів суспільства понад вимоги законодавства;
- 2) ґрунтується на врахуванні інтересів суспільства як критеріїв прийняття управлінських рішень (при цьому інтереси суспільства можуть бути зведені до множини інтересів різних груп стейкхолдерів підприємства, включаючи інтереси сучасних і майбутніх поколінь населення).

З дефініції соціально відповідальної діяльності підприємства випливають такі особливості складу факторів і наслідків, які мають бути враховані у моделі СВДП:

1. Перелік результатів діяльності підприємства має містити показники задоволення інтересів стейкхолдерів близького та дальнього кола.

Виходячи з огляду літератури, присвяченої аналізу взаємодії підприємств зі стейкхолдерами, зазначені показники пропонується групувати за ознакою типу потреб стейкхолдерів:

- показники задоволення фінансових потреб стейкхолдерів;
- показники задоволення потреб стейкхолдерів у якості життя;
- показники задоволення потреб стейкхолдерів у розвитку.

У більшості сучасних моделей підприємств достатню увагу приділяють лише першій з наведених груп показників.

2. Основними внутрішніми факторами, які визначають вплив діяльності підприємства на задоволення інтересів його стейкхолдерів, є:

- властивості ресурсів підприємства;
- умови контрактів підприємства з його стейкхолдерами, які задають параметри операцій обміну благами між цими суб'єктами.

3. Серед внутрішніх факторів моделі мають бути враховані такі характеристики ресурсів підприємства, які описують вплив цих ресурсів на задоволення не тільки фінансових потреб стейкхолдерів, але й їхніх потреб у якості життя.

На задоволення потреб стейкхолдерів у якості життя підприємство впливає шляхом виконання таких завдань, як:

- забезпечення якості продукції (для споживачів);
- організація безпечних і комфортних умов праці (для працівників);
- зменшення негативного впливу на навколишнє середовище (для населення);
- врахування потреб уразливих груп населення, перш за все, осіб з обмеженими можливостями (ООМ).

Виходячи з цього перелік показників ресурсів підприємства має містити показники якості, екологічності та безпечності ресурсів, а також показники їхньої придатності для ООМ.

4. Серед параметрів зовнішнього середовища у моделі СВДП мають бути враховані характеристики соціальної відповідальності стейкхолдерів підприємства.

5. Крім цього, у моделі СВДП мають бути враховані норми соціально відповідальної поведінки підприємства, формалізовані у вигляді обмежень на значення керованих змінних і результатів діяльності.

6. Перелік результатів діяльності підприємства має містити показники відтворення потенціалу підприємства.

Розглянемо деякі із зазначених елементів моделі СВДП детальніше.

*Показники впливу діяльності підприємства на задоволення потреб стейкхолдерів близького та дальнього кола.* На задоволення різних типів потреб стейкхолдерів підприємство впливає такими шляхами (табл. 1):

а) на задоволення фінансових потреб стейкхолдерів підприємство впливає шляхом:

- виплати заробітної плати працівникам;
- виплати дивідендів власникам;
- оплати послуг контрагентам;
- встановлення прийнятних цін на продукцію (для споживачів);

б) на задоволення потреб стейкхолдерів у якості життя підприємство впливає шляхом виконання таких завдань, які були наведені раніше:

- забезпечення якості продукції (для споживачів);
- організація безпечних і комфортних умов праці (для працівників);
- зменшення негативного впливу на навколишнє середовище (для населення);
- врахування потреб уразливих груп населення;

в) вплив на задоволення потреб стейкхолдерів у розвитку підприємство реалізує шляхом:

- навчання персоналу;
- навчання (консультування) контрагентів.

На основі табл. 1 може бути сформований орієнтовний перелік показників, які описують вплив підприємства на задоволення потреб стейкхолдерів.

*Характеристики ресурсів підприємства, які впливають на задоволення потреб стейкхолдерів у якості життя.*

Як було зазначено раніше, у моделях СВДП перелік показників ресурсів підприємства має містити показники якості, екологічності та безпечності ресурсів, а також показники їхньої придатності для ООМ. Виходячи з цього ресурси підприємства мають бути описані таким набором показників (табл. 2):

$x_{mq}$  – вектор характеристик матеріалів в аспекті якості;

$x_{me}$  – вектор характеристик матеріалів в аспекті екологічності;

$x_{mb}$  – вектор характеристик матеріалів в аспекті врахування потреб осіб з обмеженими можливостями;

$x_{ms}$  – вектор характеристик матеріалів в аспекті безпеки та умов праці;

$x_{eq}$  – вектор характеристик обладнання в аспекті якості роботи;

$x_{ee}$  – вектор характеристик обладнання в аспекті екологічності;

Таблиця 1

Найбільш поширені засоби впливу підприємства на задоволення потреб стейкхолдерів

Групи стейкхолдерів	Засоби впливу підприємства на задоволення різних типів потреб стейкхолдерів		
	фінансових потреб	потреб у якості життя	потреб у розвитку
Власники	Виплата дивідендів		
Працівники	Виплата зарплати	Організація безпечних і комфортних умов праці	Навчання персоналу
Споживачі	Встановлення цін на продукцію	Забезпечення якості продукції	
Постачальники матеріалів і послуг	Оплата матеріалів та послуг		Навчання (консультування) контрагентів
Населення	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Сплата податків.</li> <li>▪ Здійснення благодійності у вигляді безоплатної передачі коштів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Вплив на навколишнє середовище.</li> <li>▪ Врахування потреб уразливих груп населення</li> </ul>	

$x_{eb}$  – вектор характеристик обладнання в аспекті врахування потреб осіб з обмеженими можливостями;

$x_{es}$  – вектор характеристик обладнання в аспекті безпеки та умов праці;

$x_{wq}$  – вектор характеристик компетентностей персоналу в аспекті якості роботи;

$x_{we}$  – вектор характеристик компетентностей персоналу в аспекті екологічності;

$x_{wb}$  – вектор характеристик компетентностей персоналу в аспекті врахування потреб осіб з обмеженими можливостями;

$x_{ws}$  – вектор характеристик компетентностей персоналу в аспекті безпеки та умов праці;

$x_{ne}$  – вектор характеристик приміщень і території підприємства в аспекті екологічності;

$x_{nb}$  – вектор характеристик приміщень і території підприємства в аспекті врахування потреб осіб з обмеженими можливостями;

$x_{ns}$  – вектор характеристик приміщень і території підприємства в аспекті безпеки та умов праці.

Значення наведених характеристик ресурсів впливають, звісно, і на витрати та доходи, а далі – на прибуток та розмір фонду накопичення на підприємстві.

Параметри залучення ресурсів підприємства у виробничий процес залежать від конструкції (проекту, макета) продукції, що випускається.

Будемо описувати цю конструкцію за допомогою аналогічних показників:

$x_{cq}$  – вектор характеристик проекту / макета продукції в аспекті якості;

$x_{ce}$  – вектор характеристик проекту / макета продукції в аспекті екологічності;

$x_{cb}$  – вектор характеристик проекту / макета продукції в аспекті врахування потреб осіб з обмеженими можливостями;

$x_{cs}$  – вектор характеристик проекту / макета продукції в аспекті безпеки й умов праці.

Параметри контрактів між підприємством та його стейкхолдерами. Параметри (умови) операцій обміну благами між підприємством та його безпосередніми стейкхолдерами можуть бути описані таким набором показників:

$s_p$  – вектор структури розподілу прибутку;

$s_w$  – вектор ставок заробітної плати;

$s$  – вектор цін на продукцію;

$s_m$  – вектор цін на матеріали;

Таблиця 2

Показники характеристик ресурсів підприємства, які впливають на задоволення потреб стейкхолдерів у якості життя

Ресурси	Векторні показники характеристик ресурсів в аспекті:			
	якості	екологічності	врахування потреб ООМ	безпеки та умов праці
матеріали	$X_{mq}$	$X_{me}$	$X_{mb}$	$X_{ms}$
персонал	$X_{wq}$	$X_{we}$	$X_{wb}$	$X_{ws}$
обладнання	$X_{eq}$	$X_{ee}$	$X_{eb}$	$X_{es}$
приміщення та територія		$X_{ne}$	$X_{nb}$	$X_{ns}$
характеристики проекту / макета продукції	$X_{cq}$	$X_{ce}$	$X_{cb}$	$X_{cs}$



$s_{w1}$  – сума витрат на соціальне та культурно-побутове обслуговування працівників;

$s_b$  – сума витрат на благочинність.

Підводячи проміжний підсумок викладеному, наведемо основні фактори та наслідки, що мають бути враховані у моделі СВДП, на рис. 1.



Рис. 1. Основні фактори та наслідки, які мають бути враховані у моделі СВДП

повідать інформаційному забезпеченню стратегічного рівня управління підприємством).

*Причинно-наслідкова діаграма СВДП.* На основі виявлених зв'язків між характеристиками діяльності підприємства та показниками задоволення потреб стейкхолдерів було побудовано діаграму причинно-наслідкових зв'язків СВДП: її подано на рис. 3.

*Вибір концепції формалізації зв'язків між характеристиками діяльності підприємства та рівнем його соціальної відповідальності.* Під час побудови імітаційної моделі СВДП найбільшою складністю є невизначеність, незрозумілість зв'язків між характеристиками діяльності підприємства та рівнем задоволення різних видів потреб стейкхолдерів. Ці зв'язки є предметом експертного оцінювання. При цьому більшість із них складно описати у кількісному вимірі, але вони можуть бути представлені як нечіткі відображення. Тому формалізацію цих зв'язків у моделі доцільно здійснювати за допомогою інструментарію нечіткої логіки. Так, цей інструментарій дозволить сформулювати логічні висновки щодо рівня соціальної відповідальності підприємства на основі даних про кількісні оцінки властивостей наявних ресурсів (рис. 4). Так само цей інструмент може бути застосовано для формалізації зв'язків між характеристиками діяльності підприємства та рівнем задоволення потреб стейкхолдерів, але ця проблема потребує окремого детального розгляду.

2. Побудова імітаційної моделі соціально відповідальної діяльності поліграфічного підприємства

На основі сформованих концептуальних вимог було побудовано імітаційну модель соціально відповідальної діяльності типографії – у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink з пакета Matlab.

У моделі були враховані такі показники характеристик ресурсів підприємства в аспекті якості, екологічності та безпеки праці (множина показників визначена доступністю відповідної інформації):

*Типові причинно-наслідкові зв'язки між змінними моделі СВДП.* Для побудови системи причинно-наслідкових ланцюгів між змінними імітаційної моделі СВДП були виявлені основні зв'язки між характеристиками діяльності підприємства та показниками задоволення потреб стейкхолдерів: вони наведені на рис. 2 (наведені показники від-

$x_{i1}^{mq}$  – рівень якості паперу, який використовується для виготовлення продукції  $i$ -го виду (рівень якості паперу може бути розраховано на основі кількісних оцінок таких властивостей, як білізна паперу, яскравість паперу, щільність паперу);

$x_{i11}^{me}$  – частка паперу, який має сертифікат відповідального лісокористування, у загальному обсязі паперу, використаного для виготовлення продукції  $i$ -го виду;

$x_{i12}^{me}$  – частка паперу, виготовленого з макулатури, у загальному обсязі паперу, використаного для виготовлення продукції  $i$ -го виду;

$x_{i13}^{me}$  – частка паперу, виготовленого за безхлорною технологією, у загальному обсязі паперу, використаного для виготовлення продукції  $i$ -го виду (детальніше може бути враховано тип відбілювання паперу: невибілений папір; папір, вибілений за безхлорною технологією «Totally Chlorine Free»; папір, вибілений за технологією «Elementary Chlorine Free» або «Process Chlorine Free»; папір, вибілений хлором);

$x_{i21}^{me}$  – вміст заміників ізопропілового спирту у зволожуючих розчинах, які використовуються для виготовлення продукції  $i$ -го виду;

$x_{es}$  – індикатор наявності аспіраційної установки;

$x^{wq}$  – оцінка компетентностей персоналу щодо друку на звичайному папері;

$x_1^{we}$  – оцінка компетентностей персоналу щодо друку на папері з макулатури;

$x_2^{we}$  – оцінка компетентностей персоналу щодо друку на безхлорному папері;

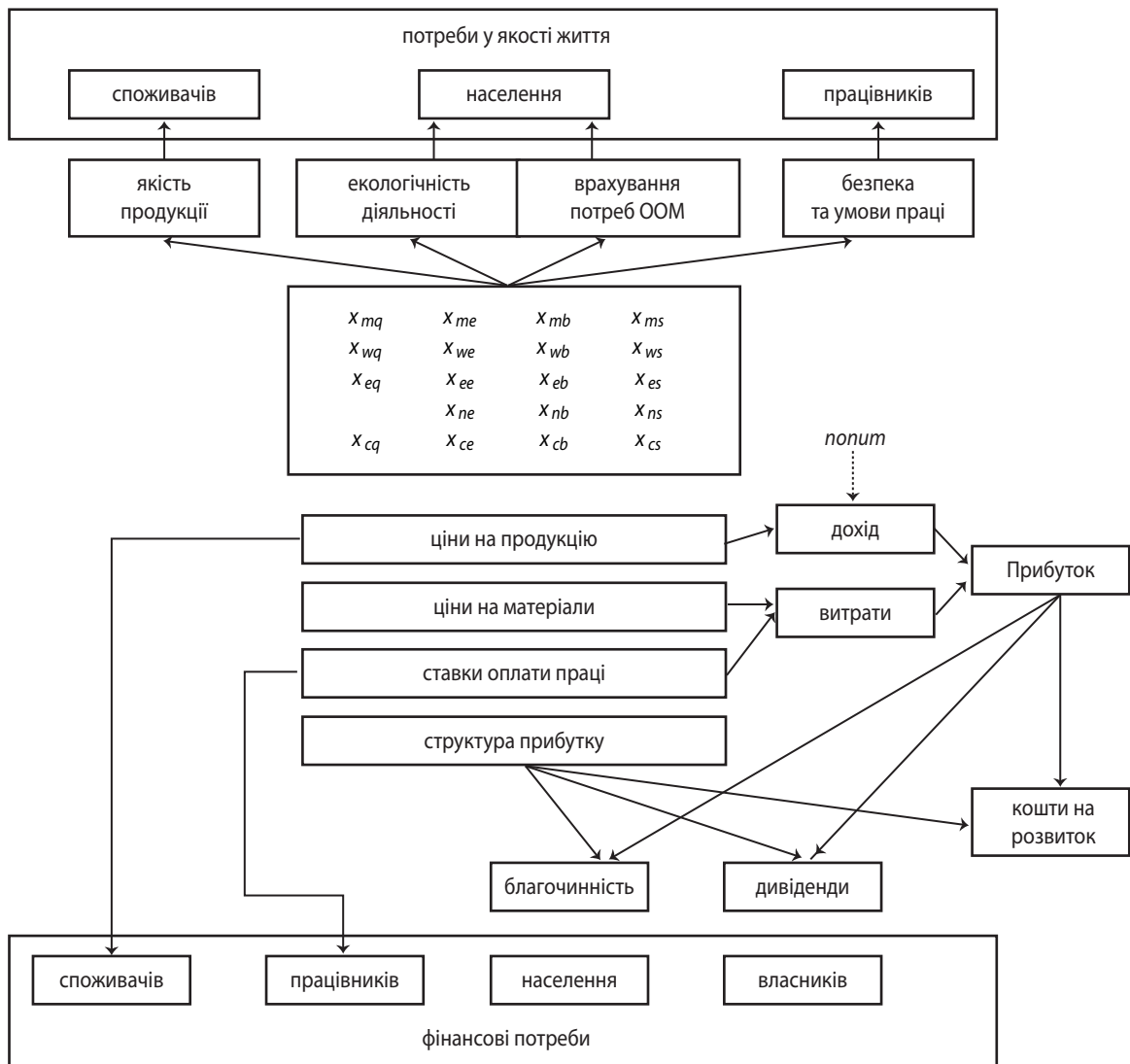


Рис. 2. Схема зв'язку характеристик діяльності підприємства із показниками задоволення потреб стейкхолдерів (позначення змінних наведені у табл. 2)

$x^{ms}$  – оцінка компетентностей персоналу щодо використання заміників ізопропілового спирту.

Для формалізації зв'язків між характеристиками ресурсів і рівнем екологічності підприємства був застосований інструментарій нечіткої логіки. На основі кількісних оцінок властивостей паперу, що використовується у типографії, були побудовані три лінгвістичні змінні «Рівень відповідності паперу вимогам відповідального лісокористування» (PaperFSC), «Рівень використання переробленого паперу» (PaperRecycled), «Рівень використання безхлорної технології» (PaperChlorineFree).

Терм-множина для кожної з наведених лінгвістичних змінних охоплює значення «низький», «нормальний» та «високий». При цьому лінгвістичне значення «низький» описує такі властивості використовуваного паперу, які не відповідають вимогам соціальної відповідальності.

Для лінгвістичної змінної «Рівень відповідності паперу вимогам відповідального лісокористування» (PaperFSC) базовою змінною є змінна  $x_{i11}^{me}$ , а універсаль-

ною множиною (числовою областю визначення) є відрізок

$x_{i11}^{me} \in [0, 1]$ . Функції належності для термів лінгвістичної змінної PaperFSC, сформовані на основі експертних суджень, наведено на рис. 5. Для лінгвістичної змінної «Рівень використання переробленого паперу» (PaperRecycled) базовою змінною є змінна  $x_{i12}^{me} \in [0, 1]$ . Для лінгвістичної змінної «Рівень використання безхлорної технології»

(PaperChlorineFree) базовою змінною є змінна  $x_{i13}^{me} \in [0, 1]$ .

Загальну оцінку екологічності процесів використання паперу на підприємстві було описано за допомогою змінної EcoLevel, терм-множина якої також охоплює значення «низький», «нормальний» та «високий» (рівень). Значення змінної EcoLevel розраховуються шляхом здійснення операції нечіткого логічного висновку на основі значень змінних PaperFSC, PaperRecycled та PaperChlorineFree за допомогою експертної бази правил (рис. 6).

Наприклад, при низькому рівні виконання вимог відповідального лісокористування та невисокому (низькому

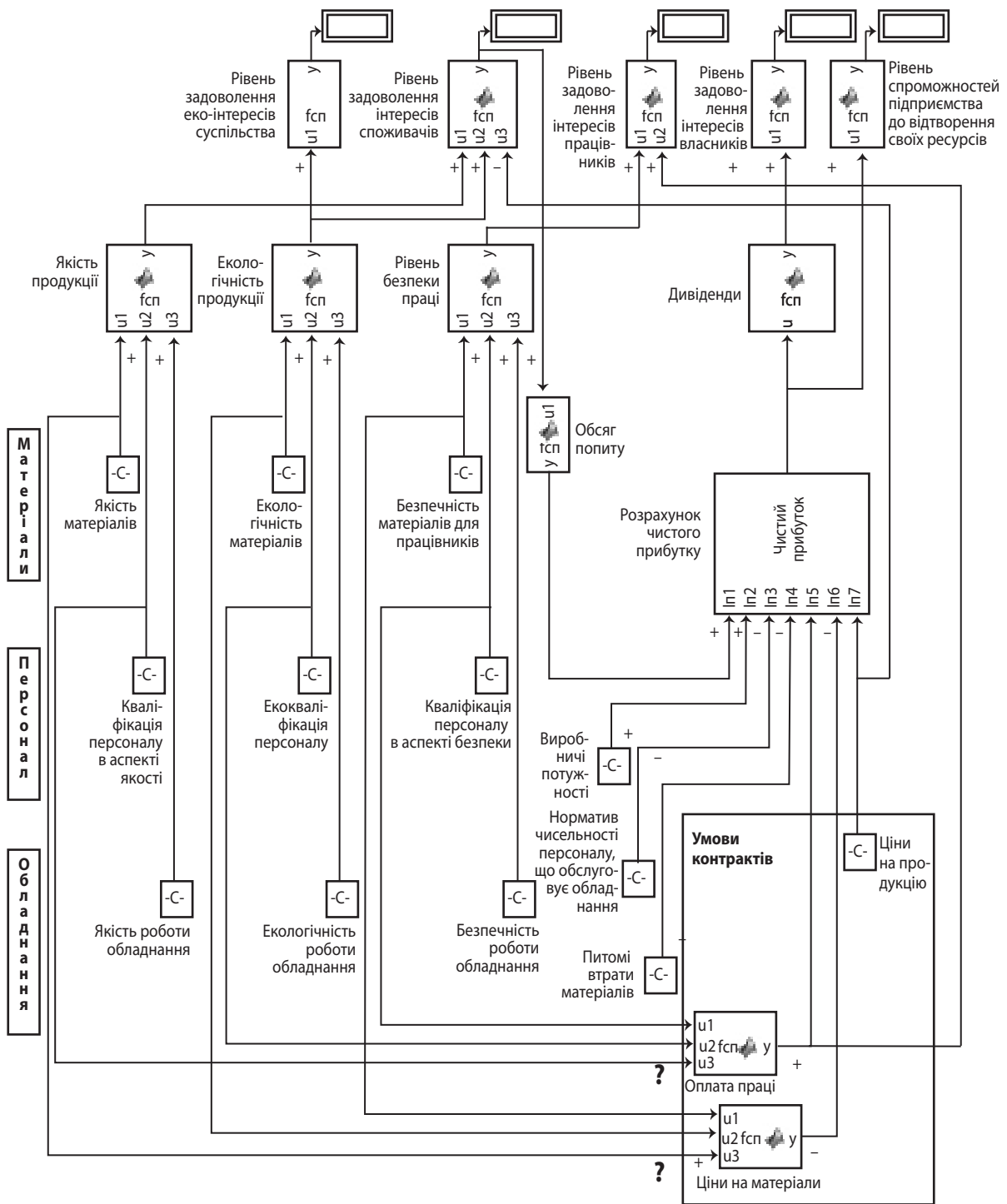


Рис. 3. Типова діаграма причинно-наслідкових зв'язків соціально відповідальної діяльності підприємства (побудовано у Matlab\Simulink)

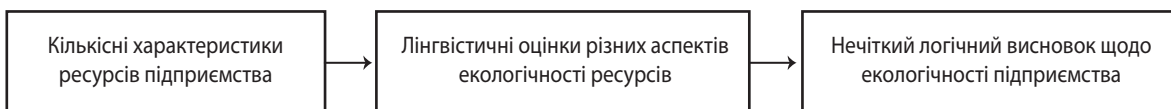


Рис. 4. Схема нечіткого логічного висновку щодо екологічності підприємства

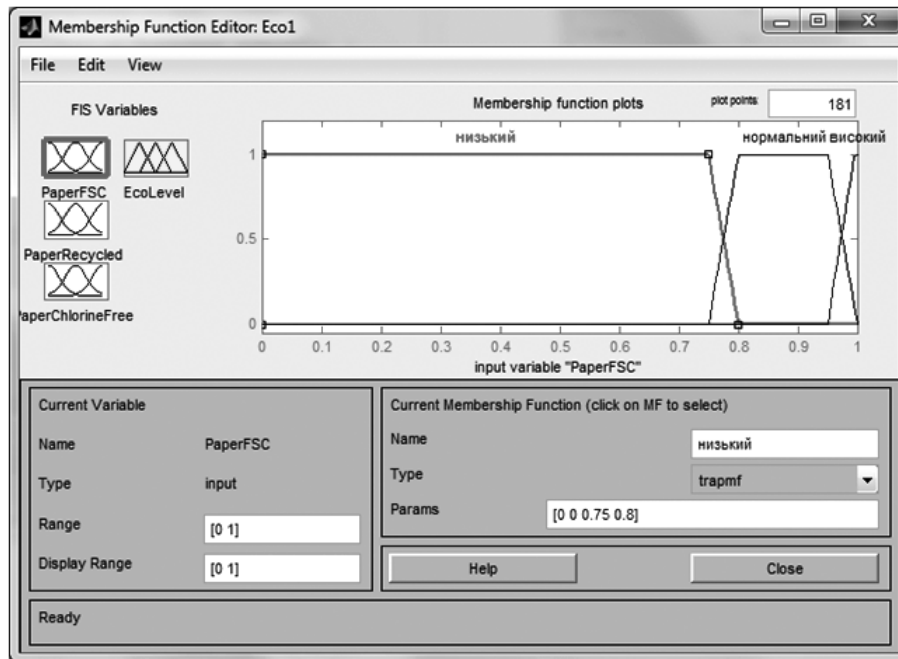


Рис. 5. Графіки функцій належності для термів лінгвістичної змінної PaperFSC

1. (PaperFSC==низький) & (PaperRecycled~=високий) => (EcoLevel=низький) (1)
2. (PaperFSC==низький) & (PaperChlorineFree~=високий) => (EcoLevel=низький) (1)
3. (PaperFSC==низький) & (PaperRecycled==високий) & (PaperChlorineFree==високий) => (EcoLevel=нормальний) (1)
4. (PaperFSC==нормальний) & (PaperRecycled==низький) & (PaperChlorineFree==низький) => (EcoLevel=низький) (1)
5. (PaperFSC==нормальний) & (PaperRecycled==високий) & (PaperChlorineFree==високий) => (EcoLevel=високий) (1)
6. (PaperFSC==нормальний) => (EcoLevel=нормальний) (0.9)
7. (PaperFSC==високий) & (PaperRecycled==високий) => (EcoLevel=високий) (1)
8. (PaperFSC==високий) & (PaperChlorineFree==високий) => (EcoLevel=високий) (1)
9. (PaperFSC==високий) & (PaperRecycled==нормальний) & (PaperChlorineFree~=високий) => (EcoLevel=нормальний) (1)
10. (PaperFSC==високий) & (PaperRecycled==низький) & (PaperChlorineFree==низький) => (EcoLevel=низький) (1)
11. (PaperFSC==високий) & (PaperRecycled==низький) & (PaperChlorineFree==нормальний) => (EcoLevel=нормальний) (1)

Рис. 6. Набір правил нечіткого логічного висновку щодо рівня екологічності підприємства

або нормальному) рівні використання переробленого паперу оцінка EcoLevel приймає значення «низький». У розробленій моделі було використано алгоритм нечіткого логічного висновку Мамдані, як інтуїтивно більш зрозумілий.

Побудована імітаційна модель соціально відповідальної діяльності типографії дозволяє оцінити величину чистого прибутку та рівень екологічності підприємства, а також рівень якості продукції та рівень безпеки праці за різних варіантів характеристик ресурсів підприємства.

**Висновок.** У дослідженні сформовано вимоги до побудови імітаційних моделей соціально відповідальної діяльності підприємства, зокрема, до складу їхніх факторів і відгуків. Множина факторів у таких моделях має містити показники вартості, якості, екологічності та безпечності ресурсів, а також показники придатності ресурсів для задоволення потреб осіб з обмеженими можливостями. Множина відгуків в таких моделях має містити показники задоволення різних типів потреб стейкхолдерів (фінансових; у якості життя; у розвитку), а також показники відтворення потенціалу підприємства. Виявлено зв'язки між

зазначеними показниками ресурсів і результатів діяльності підприємства. Сформовано типову діаграму причинно-наслідкових зв'язків соціально відповідальної діяльності підприємства. Для описання зв'язків між характеристиками ресурсів і рівнем соціальної відповідальності підприємства запропоновано використовувати інструментарій нечіткої логіки.

На основі запропонованих концептуальних вимог заходами Matlab\Simulink побудовано імітаційну модель соціально відповідальної діяльності типографії, яка дозволяє оцінити наслідки такої діяльності для самого підприємства та його стейкхолдерів. У розробленій моделі використані показники вартості, якості, екологічності та безпечності ресурсів, які відповідають спеціалізації підприємства. Оцінку екологічності типографії отримано шляхом реалізації у моделі операції нечіткого логічного висновку.

У дослідженні не було вирішено проблему формалізації зв'язків між характеристиками діяльності підприємства та рівнем задоволення різних типів потреб стейкхолдерів. Ця проблема має стати предметом майбутніх досліджень.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Hashimoto T., Shinohara N., Egashira S. On dissemination mechanism of corporate social responsibility (CSR): Analysis with agent simulation // Normative Multi-Agent Systems. Dagstuhl Seminar Proceedings 09121 (15.03 – 20.03.2009). Wadern : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik. URL: [http://drops.dagstuhl.de/opus/frontdoor.php?source\\_opus=1911101](http://drops.dagstuhl.de/opus/frontdoor.php?source_opus=1911101)
  2. Aliakbaria A., Seifbarghy M. A Supplier Selection Model for Social Responsible Supply Chain. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*. 2011. No. 8. P. 41–53.
  3. Рамазанов С. К. Интегральная нелинейная динамическая эколого-экономическая модель управления. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2003. № 4 (8). С. 94–100.
  4. Рамазанов С. К. Интегральная модель эколого-экономического управления программой (проектом) как сложной системой на основе знаний и нечеткой логики. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2009. № 2 (30). С. 64–70.
  5. Рамазанов С. К. Проблема сталого розвитку й інтегральна модель еколого-економічного управління в умовах глобальних криз. *Економіка розвитку*. 2016. № 2. С. 63–72.
  6. Лычкина Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов : учеб. пособие для слушателей программы eMBI. М. : Академия АйТи, 2005. 164 с.
  7. Горохов А. В., Иванова М. В., Малыгина С. Н. Проектирование имитационной модели для оценки экономических рисков регионального развития (на примере Мурманской области). *Труды Кольского научного центра РАН*. 2011. № 7. С. 151–155.
  8. Потрашкова Л. В. Підтримка прийняття рішень зі стратегічного планування соціально відповідальної діяльності підприємства на основі оцінювання потенціалу підприємства. *Бізнес Інформ*. 2018. № 11. С. 187–201.
- Aliakbaria, A., and Seifbarghy, M. "A Supplier Selection Model for Social Responsible Supply Chain". *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, no. 8 (2011): 41-53.
- Gorokhov, A. V., Ivanova, M. V., and Malygina, S. N. "Proektirovaniye imitatsionnoy modeli dlya otsenki ekonomicheskikh riskov regionalnogo razvitiya (na primere Murmanskoy oblasti)" [Designing a Simulation Model for Assessing the Economic Risks of Regional Development (for Example, the Murmansk Region)]. *Trudy Kolskogo nauchnogo tsentra RAN*, no. 7 (2011): 151-155.
- Hashimoto, T., Shinohara, N., and Egashira, S. "On dissemination mechanism of corporate social responsibility (CSR): Analysis with agent simulation". Normative Multi-Agent Systems. Dagstuhl Seminar Proceedings 09121 (15.03 - 20.03. 2009). Wadern : Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum fur Informatik. [http://drops.dagstuhl.de/opus/frontdoor.php?source\\_opus=1911101](http://drops.dagstuhl.de/opus/frontdoor.php?source_opus=1911101)
- Lychkina, N. N. *Imitatsionnoye modelirovaniye ekonomicheskikh protsessov : ucheb. posobiye dlya slushateley programmy eMBI* [Simulation of Economic Processes: A Study Guide for eMBI Students]. Moscow: Akademiya AyTi, 2005.
- Potrashkova, L. V. "Pidtrymka pryiniattia rishen zi stratehichnoho planuvannia sotsialno vidpovidalnoi diialnosti pidpriemstva na osnovi otsiniuvannia potentsialu pidpriemstva" [Support for Strategic Planning Decision-making of Socially Responsible Enterprise Activity Based on Evaluation of Enterprise Potential]. *Biznes Inform*, no. 11 (2018): 187-201.
- Ramazanov, C. K. "Integralnaya nelineynaya dinamicheskaya ekologo-ekonomicheskaya model upravleniya" [Integral Nonlinear Dynamic Environmental-economic Management Model]. *Upravlinnia proektamy ta rozvytok vyrobnytstva*, no. 4 (8) (2003): 94-100.
- Ramazanov, C. K. "Problema staloho rozvytku i intehralna model ekoloho-ekonomichnoho upravlinnia v umovakh hlobalnykh kryz" [Sustainable Development Problem and Integrated Model of Ecological and Economic Management in the Face of Global Crises]. *Ekonomika rozvytku*, no. 2 (2016): 63-72.
- Ramazanov, S. K. "Integralnaya model ekologo-ekonomicheskogo upravleniya programmy (proektom) kak slozhnoy sistemoy na osnove znaniy i nechetkoy logiki" [An Integrated Model of Environmental and Economic Management of a Program project) as a Complex System Based on Knowledge and Fuzzy Logic]. *Upravlinnia proektamy ta rozvytok vyrobnytstva*, no. 2 (30) (2009): 64-70.

Стаття надійшла до редакції 16.11.2019 р.