

ГЕНЕРАЦІЯ СЦЕНАРІЇВ ПОДІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ
ФОРМАЛЬНИХ ГРАМАТИКМ. Т. Фісун, д-р техн. наук, проф.¹;К. Ю. Яблонська, асп.¹;О. Б. Шуневич, канд. техн. наук²¹Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, м. Миколаїв²Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Анотація. Наведено аналіз технології генерації сценаріїв узагалі та зокрема з використанням формальних граматики. Запропоновано проблемно-орієнтовану мову опису сценаріїв подій на вітровій електростанції для подальшого їх аналізу.

Ключові слова: сценарний аналіз, формальні граматики, контекстно-вільна граматика, проблемно-орієнтована мова опису сценаріїв, вітрова електростанція.

Аннотация. Приведен анализ технологии генерации сценариев в общем и в частности с использованием формальных грамматик. Предложен проблемно-ориентированный язык описания сценариев событий на ветровой электростанции для последующего их анализа.

Ключевые слова: сценарный анализ, формальные грамматик, контекстно-свободная грамматика, проблемно-ориентированный язык описания сценариев, ветровая электростанция.

Abstract. The analysis of generation scenarios technology using the formal grammars in general and particular has been given. The problem-oriented language of scenario's description at the wind power station for the later analysis of events is proposed.

Keywords: scenario analysis, formal grammars, context-free grammar, problem-oriented language of scenario's description, wind power station.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У задачах планування, прогнозування та управління розвитком великомасштабних об'єктів (регіон, галузь, підприємство тощо) все частіше застосовуються моделі і методи сценарного підходу [1, 5, 6, 12]. Для формування та аналізу сценаріїв використовуються ідеї системного аналізу, програмно-цільового планування і прогнозування, залучаються експерти та аналітики, кількість яких залежить від масштабності об'єкта.

Сценарний підхід використовується також для розв'язання складних слабоформалізованих задач у системах динамічного та інтелектуального моделювання, а також для опису можливих варіантів поведінки систем, що містять активних учасників (гравців), які, не маючи інформації про стратегії протидіючих сторін, змушені їх генерувати на основі доступних знань [1].

Під *сценарієм* розуміють послідовність взаємопов'язаних подій, які можуть мати місце за певних умов. При цьому виконання всіх етапів сценарного планування та аналізу для великомасштабних об'єктів потребує чималих ресурсів, а «технологічний процес» є довготривалим. На всіх етапах експертного конструювання й аналізу сценаріїв залучаються експертні групи, використовуються різноманітні методи експертного оцінювання сценаріїв. Їх аналіз показує, що існуючі методи сценарного підходу важко засто-

совувати для об'єктів, які не належать до великомасштабних, але моделювання різноманітних ситуацій, особливо аварійних, є вкрай важливим для забезпечення їх нормального функціонування.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ
І ПУБЛІКАЦІЙ

У роботі [5, рис. 1.2] наведено п'ять етапів експертного конструювання й аналізу сценаріїв, першим з яких є «формування сценаріїв (дерево цілей, прогнозний граф, дерево рішень та ін.)». На цьому етапі подання знань може виявитися корисною побудова когнітивної карти – математичної моделі, яка зображена у вигляді графа і дозволяє описувати суб'єктивне сприйняття людиною або групою людей будь-якого складного об'єкта, проблеми або функціонування системи [7]. Когнітивна карта призначена для виявлення структури причинних зв'язків між елементами складного об'єкта та оцінки наслідків зовнішніх впливів на елементи і зв'язки між ними. Елементи досліджуваної системи зображені набором вершин графа, зв'язки – множиною спрямованих дуг, яким можуть бути присвоєні знаки, що визначають характер впливу.

Когнітивна модель заснована на формалізації причинно-наслідкових зв'язків між характеристиками досліджуваної системи. Результатом формалізації є зображення системи у вигляді причинно-наслідкової мережі, називаної когнітивною картою, що може бути

подана у вигляді графа

$$G = \langle F, R \rangle,$$

де $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ – множина факторів (називаних також концептами); R – бінарне відношення на множині F , яке задає набір зв'язків між її елементами.

Елементи f_i і f_j вважаються пов'язаними відношенням R (позначається $f_i R f_j$ або $(f_i, f_j) \in R$), якщо зміна значення концепту f_i (причини) приводить до зміни значення концепту f_j (наслідку). Відповідно до термінології когнітивного моделювання в цьому випадку говорять, що концепт f_i впливає на концепт f_j . Якщо збільшення значення концепту-причини приводить до збільшення значення концепту-наслідку, то вплив вважається позитивним («посилення»), якщо ж значення зменшується – негативним («гальмування»). Тим самим відношення R можна подати у вигляді об'єднання двох підмножин, що не перетинаються: $R = R^+ \cup R^-$, де R^+ – множина позитивних, R^- – множина негативних зв'язків. Концепти можуть задаватися як лінгвістичними (якісними) показниками (попит, соціальна напруженість), так і числовими, вимірюваними величинами (обсяг продукції, вартість). У роботі [14] введено поняття нечіткої когнітивної карти, яке розширює класичне поняття когнітивної карти.

Графічне зображення у вигляді когнітивної карти наочно показує зв'язки між елементами сценарію. Перебір усіх можливих шляхів на когнітивній карті дає кількість можливих сценаріїв.

Однак для великої кількості зв'язків граф може стати безмежним. У цьому випадку бажано вдатися до структуризації знань, виділяючи різні рівні опису інформації. У роботі [6] наведено загальну характеристику методів генерації сценаріїв, у тому числі розглянуто питання побудови графових моделей при побудові сценаріїв. Одним з ефективних і динамічних засобів (технологій) генерації графових моделей є підхід, запропонований в роботі [1], – використання контекстно-вільних формальних граматики (КВ-граматики). У роботі [2] наведено мову опису сценаріїв для аналізу розвитку енергетичної галузі Російської Федерації. Але поки що відсутні публікації щодо використання апарату формальних граматики для генерації сценаріїв розвитку подій на об'єктах невеликого масштабу. Ці події більш динамічні в порівнянні з подіями на об'єктах великого масштабу.

МЕТА СТАТТІ – створення засобів генерації сценаріїв шляхом розроблення проблемно-орієнтованої мови їхнього опису та відповідного компілятора для отримання сценаріїв вітрової енергетичної станції (ВЕС) з їх подальшим аналізом.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Як базова модель подання знань для синтезу сценаріїв на основі причинно-наслідкових зв'язків використовується логіка предикатів першого порядку.

Синтез сценарію зводиться до побудови формальної породжувальної граматики на певній множині термінальних і нетермінальних символів. Синтаксису логіки висловлювань відповідає контекстно-вільна породжувальна граматика, яка описується четвіркою:

$$G = (N, T, P, S),$$

де N – скінченна множина нетермінальних символів; T – скінченна множина термінальних символів, що не перетинається з N ; P – скінченна множина продукційних правил, які записані у вигляді нотацій Бекуса–Наура і являють собою розшифрування нетермінальних символів граматики логічними виразами, що містять символи з T і V ; S – початковий символ граматики.

Будемо вважати базовими, утворюючими множинами для побудови сценаріїв, як і в [1]:

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_k\}$ – множина суб'єктів – активних учасників (гравців), задіяних у сценаріях;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ – множина факторів, що впливають на розвиток подій;

$D = \{d_1, d_2, \dots, d_q\}$ – множина дій, що мають виконуватися за певних умов;

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ – множина умов, які задаються логічними виразами з використанням операцій двійкової алгебри над операндами, тобто операцій порівняння, наприклад: « $(y_1 \neq \text{банк «Капітал»}) \text{ or } (x_2 = \text{зниження попиту})$ ». Для їх формулювання якраз корисно використовувати когнітивні карти, які тут не розглядаються.

Як об'єкт застосування апарату формальних грамастик обрано вітрову електричну станцію [9, 10], яка складається з низки вітрових енергоустановок (ВЕУ). Сучасний стан розвитку автоматизованих систем диспетчерського управління (АСДУ) енергодинамічними режимами потужних вітрових електростанцій характеризується тим, що крім задачі виробництва електроенергії згідно з заданим графіком одночасно таким об'єктам ставляться завдання компенсації реактивної потужності, покриття пікових навантажень тощо. Такі особливості структури вітрової електростанції, як розподіленість у просторі, наявність ВЕУ з різними номінальними параметрами, особливості функціонування систем управління кожною окремою ВЕУ, динамічний випадковий характер первинного енергетичного потенціалу та ін., не дають змоги безпосередньо застосувати відомі результати для коректного аналітичного розв'язання оптимізаційних задач щодо формування складу вітрової електростанції на сучасному рівні вимог.

Відомі методи обґрунтування складу вітрової електростанції (методи Стретхома та Гоала, Келлога, Маркварта, Боровського і Саламеха та ін.) застосовуються для одноразового розв'язання задачі, тобто не розглядають можливість одночасного аналізу параметрів енергодинамічного

режиму та структури об'єкта. Аналіз результатів досліджень показує, що при вдосконаленні технологічних процесів та автоматизації процесу прийняття рішень найбільш перспективним вважається використання інформаційних технологій у вигляді систем підтримки прийняття рішень (СППР). Розробка такої СППР була запропонована і реалізована в роботах під керівництвом Медиковського та ін. [9, 10].

На даному етапі наведена перша частина досліджень – мова опису сценаріїв роботи ВЕС та її синтаксичного аналізатора. Граматика мови є контекстно-вільною і побудована з використанням нормальних форм Бекуса–Наура (БНФ). При цьому термінальні символи виділені жирним шрифтом, а токени – жирним шрифтом з нахилом. Нумерація правил потрібна для побудови синтаксичного аналізатора, також номери правил використані на рис. 1:

- (1) <сценарій> → **сценарій** <номер>: <перелік_подій> **кінець**
 (2), (3) <перелік_подій> → <подія> | <перелік_подій>; <подія>
 (4), (5) <подія> → <дія_фактору> | <дія_суб'єкта>
 (6), (7) <дія_фактору> → <фактор>, <дія> | <фактор>, <умова>, <дія>
 (8)–(10) <дія_суб'єкта> → <суб'єкт>, <фактор>, <умова>, <дія>
 | <суб'єкт>, <умова>, <дія> | <умова>, <суб'єкт>, <дія>
 (11)–(13) <фактор> → <фактор_природний>
 | <фактор_техногенний> | <фактор_ВЕУ>
 (14) <фактор_природний> → **швидкість_вітру** = <значення_швидкості>
 (15) <фактор_техногенний> → **аварія**
 (16) <фактор_ВЕУ> → <номер_ВЕУ> <показник_ВЕУ>
 (17) <значення_швидкості> → **number**
 (18) <номер_ВЕУ> → **ВЕУ number**
 (19)–(22) <показник_ВЕУ> → **технічний стан** | **кількість комутацій**
 | **кількість напрацьованих годин** | **кількість виробленої потужності**
 (23)–(26) <суб'єкт> → <природне_середовище> | **ВЕС**
 | **графік навантаження** | <номер_ВЕУ>
 (27) <природне_середовище> → **вітер**
 (28)–(31) <дія> → <процедура> <номер_ВЕУ> | **повідомлення П number**
 | **розрахувати склад ВЕС за алгоритмом А number**
 | **розрахувати критерій К number**
 (32)–(38) <процедура> → **увімкнути** | **вимкнути**
 | **дозволити участь у визначенні складу ВЕС**
 | **заборонити участь у визначенні складу ВЕС**
 | **отримати технологічні параметри**
 | **визначити ефективність**
 | **перейти в режим Р number**
 (39) <умова> → <логічний вираз>
 (40), (41) <логічний вираз> → <терм2> | <логічний вираз> **log_op** <терм2>
 (42), (43) <терм2> → **ні** <терм> | <терм>
 (44)–(46) <терм> → **ident** | <порівняння> | (<логічний вираз>)
 (47)–(51) <порівняння> → (<номер_ВЕУ> **технічний стан** = <значення_ТС>) | (<номер_ВЕУ> **кількість комутацій relop** <значення_КК>) | (<номер_ВЕУ> **кількість напрацьованих годин relop** <значення_КНГ>) | (<номер_ВЕУ> **кількість виробленої потужності relop** <значення_КВП>) | (<об'єкт_порівняння> **relop2** <параметр_порівняння>)
Примітка. Вище в назвах нетермінальних символів використано такі скорочення: КК – кількість комутацій; КНГ – кількість напрацьованих годин; КВП – кількість виробленої потужності; ТС – технічний стан ВЕС.
 (52)–(54) <значення_ТС> → **OK** | **warning** | **error**
 (55) <значення_КК> → **number**
 (56) <значення_КНГ> → **number**
 (57) <значення_КВП> → **number**
 (58), (59) <об'єкт_порівняння> → **суб'єкт** | **дія** | **критерій К number**
 (60)–(65) <параметр_порівняння> → <суб'єкт> | <дія> | **так** | **ні**
 | **number** | **lingv**
 (66) <номер> → **number**

Примітка. У даній граматиці використовуються наступні метасинтаксичні символи або сполучення символів: <> – кутові дужки для визначення в них імені нетермінального символу; → відповідає символу ::= в нотатції Бекуса–Наура, є аналогом оператора присвоєння в мовах програмування, читається як «це є» та розділяє ліву і праву частини граматичного правила.

У наведеній граматиці використані типові токени, що зустрічаються в граматиках мов програмування: **ident** – ідентифікатор (логічної змінної); **number** – число; **relop** – оператори порівняння {= | < > | >= | <=}; **relop2** – оператори порівняння {= | < >}; **log_op** – логічний оператор (ні, так, або); **lingv** – лінгвістична змінна.

Токени розпізнаються лексичним аналізатором і подаються на вхід синтаксичного аналізатора вже як термінальні символи. У роботі [13] було графічно зображено кореневу частину наведеної граматики. На рис. 1 графічно зображено граматики основних складових опису сценаріїв.

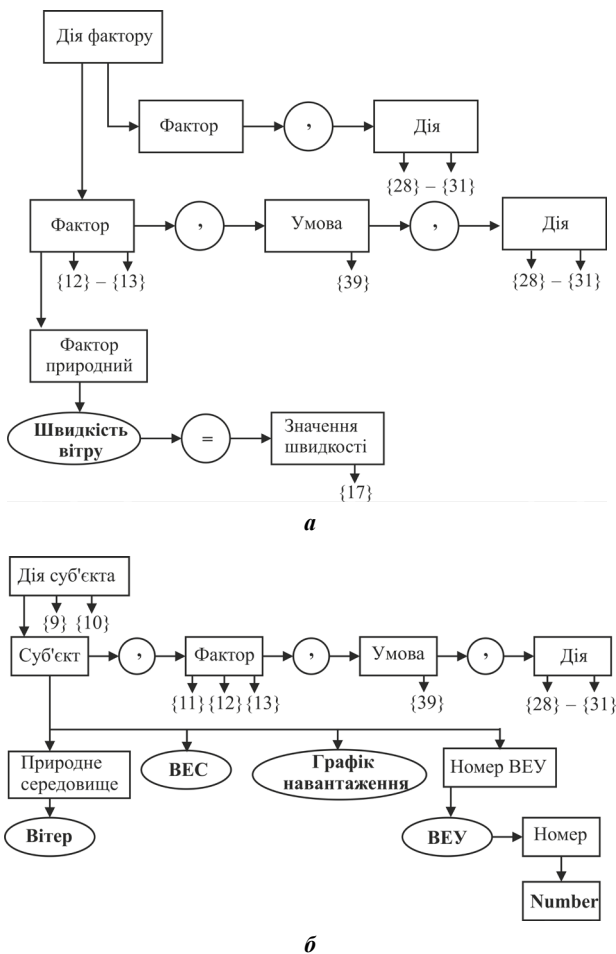


Рис. 1. Фрагменти 1 (а) і 2 (б) графа граматики мови опису сценаріїв

Примітка. На синтаксичному графі частково наведена грамика (верхній рівень синтаксичного графа).

При такій граматиці *сценарій* (початковий символ граматики) визначається як рекурсивна послідовність подій (явищ, ситуацій). Ситуації інтерпретуються як дії, що можуть відбуватися довільно або при виконанні певних умов. Нижче наведено приклади опису простих сценаріїв розробленою мовою.

Сценарій 1: швидкість вітру = 13,5, визначити ефективність ВЕУ4; ВЕУ4 технічний стан (техніч-

ний стан = warning), заборонити участь у визначенні складу ВЕС, кінець.

Сценарій 2: ВЕУ2, кількість напрацьованих годин > 200, перейти в режим P5; швидкість вітру = 9, розрахувати критерій K15; критерій K15 < 20, розрахувати склад ВЕС за алгоритмом A4, кінець.

У наведених простих прикладах сценаріїв у граматиці використано як конкретні критерії (технічний стан, кількість комутацій, кількість напрацьованих годин, кількість виробленої потужності), так і поки що гіпотетичні K_i , які можуть бути додані в процесі розширення мови опису сценаріїв роботи ВЕС. Такими можуть бути: час, необхідний на ввімкнення ВЕУ; мінімальна стартова швидкість, на якій допустима робота; залученість ВЕУ у виробленні електроенергії та ін. Далі і перший, і другий критерії позначимо K_i . Кожному критерію присвоюється ваговий коефіцієнт важливості, що відображає вагу цього критерію в конкретній ситуації. Для розрахунку вагових коефіцієнтів важливості використовуються різні підходи, в рамках яких у роботі [9] розроблено декілька методів. Вони дають змогу реалізувати задачу автоматизації синтезу оптимальної структури вітрової електростанції.

Для моделювання динамічних режимів роботи вітрової електростанції модифіковано мережу Петрі [10], за допомогою якої можна побудувати дерево досяжності станів системи, що дає змогу не лише здійснювати аналіз кризових ситуацій, але й прогнозувати їх появу в майбутньому.

Наступним кроком є визначення вітрових електроустановок, необхідних для запуску. Для вибору кількості ВЕУ кожного типу необхідно розв'язати «задачу рюкзака».

Таким чином, компілятор проблемно-орієнтованої мови генерації сценаріїв на виході має скомпілювати програму аналізу конкретної ситуації, що відповідає заданому сценарію. Зрозуміло, що при компіляції використовуються модулі програм, які реалізують різні моделі предметної області.

Для побудови синтаксичного аналізатора сценаріїв на даний час використовується програмний засіб ANTLR (від англ. Another Tool For Language Recognition) – генератор парсерів, що дозволяє автоматично створювати програму-парсер (як і лексичний аналізатор) з використанням однієї з цільових мов програмування (C++, Java, C#, Python, Ruby) за описом LL(*)-граматики мовою, близькою до метамови нормальних форм Бекуса–Наура. Він дозволяє також конструювати компілятори, інтерпретатори, транслятори з різних формальних мов [11, 15]. Реалізація і дослідження розробленої граматики за допомогою ANTLR привели до висновку, що доцільно розробити власний компілятор для запропонованої та подібних проблемно-орієнтованих мов. Таке рішення обумовлено, зокрема, наступними чинниками:

1. Універсальність метакомпіляторів (ANTLR, YACC, BIZON тощо) знижує їх ефективність при реалізації проблемно- або процесно-орієнтованих мов, тому їх доцільно використовувати на початковому етапі розробки мови та моделювання її застосовності (usability).

2. На сучасному рівні розвитку інформаційних технологій фахівця предметної сфери, для якої розроблена відповідна мова, навряд чи задовольнить консольний режим інтерфейсу, тому що перевага надається графічному інтерфейсу, при якому виводяться ідентифіковані поля для занесення відповідних

даних, випадають списки значень з фіксованої множини значень, перевіряються обмеження на значення і т. д. А далі заповнені або згенеровані форми перетворюються в командний, вже синтаксично і семантично правильний рядок, який надходить на вхід компілятора. Зрозуміло, що таку інформаційну технологію простіше й ефективніше реалізувати за наявності «власного» компілятора. Тому інформаційну технологію генерації й аналізу сценаріїв планується досліджувати в цьому напрямку. На рис. 2 наведена загальна схема системи генерації й аналізу сценаріїв.

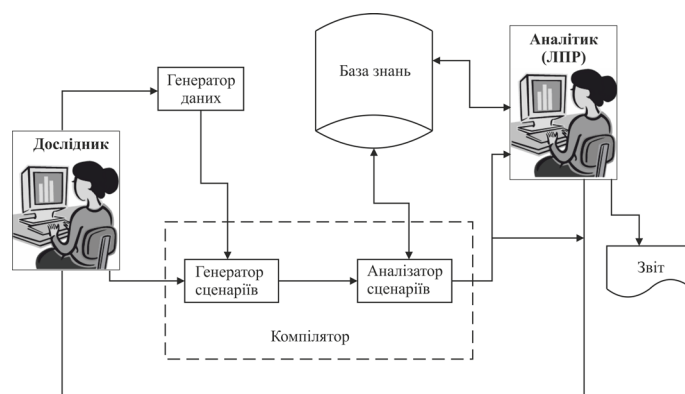


Рис. 2. Загальна схема системи генерації й аналізу сценаріїв

ВИСНОВКИ

1. Використання апарату формальних граматики є потужним засобом у технології генерації та аналізу сценаріїв. При створенні сценаріїв подібною проблемно-орієнтованою мовою можна автоматично побудувати різні графові моделі сценаріїв, які аналізуються певними методами сценарного аналізу [1, 3–6, 8, 12].

2. Крім указанного вище «програмістського» напрямку подальшого розвитку інформаційної технології наведеного підходу у «функціональному» напрямку планується перейти до автоматизованої генерації більш складних, а отже, і більш адекватних сценаріїв із застосуванням багатомісних предикатів, контекстно-залежних граматики, нечіткої логіки та врахуванням динамічної природи розвитку подій за сценарієм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Андрейчиков, А. В.** Интеллектуальные информационные системы [Текст] : учеб. пособие / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 422 с.
- [2] **Ахо, А. В.** Компиляторы: принципы, технология и инструменты [Текст] / А. В. Ахо, Р. Сети, Д. Д. Ульман. – М. : Вильямс, 2003. – 768 с.
- [3] **Вольский, В. И.** Правила выбора лучших вариантов на ориентированных графах и графах-турнирах [Текст] / В. И. Вольский // Автоматика и телемеханика. – 1988. – № 3. – С. 3–17.
- [4] **Катренко, А. В.** Теорія прийняття рішень [Текст] / А. В. Катренко, В. В. Пасічник, В. П. Пасько. – К. : Вид. група ВНУ, 2009. – 448 с.
- [5] **Коваленко, И. И.** Методы экспертного оценивания сценариев [Текст] : учеб. пособие / И. И. Коваленко, А. В. Швед. – Николаев : ЧГУ им. Петра Могилы, 2012. – 156 с.
- [6] **Коваленко, И. И.** Системные технологии генерации и анализа сценариев [Текст] / И. И. Коваленко, А. П. Гожий. – Николаев : ЧГУ им. Петра Могилы, 2006. – 160 с.
- [7] **Кулинич, А. А.** Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва» [Текст] / А. А. Кулинич // Программные продукты и системы. – 2002. – № 3.
- [8] **Ларичев, О. И.** Теория и методы принятия решений [Текст] / О. И. Ларичев. – М. : Логос, 2000. – 296 с.

- [9] **Медиковський, М. О.** Багатокритеріальний метод оцінювання ефективності вітроенергетичної установки [Текст] / М. О. Медиковський, О. Б. Шуневич // Вісник Інженерної академії України. – К., 2010. – № 3–4. – С. 240–245.
- [10] **Медиковський, М. О.** Модифікована мережа Петрі для аналізу структури вітрової електростанції [Текст] / М. О. Медиковський, О. Б. Шуневич // Motrol – Commission of motorization and energetic in agriculture. – Lublin, 2012. – Vol. 14, № 4. – P. 178–184.
- [11] Офіційний сайт проекту ANTLR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.antlr.org>.
- [12] **Самойленко, Л. И.** Разработка методологии оценки сценариев в задачах планирования космической деятельности [Текст] / Л. И. Самойленко // Проблемы управления и информатики. – 2005. – № 5. – С. 143–156.
- [13] **Фісун, М. Т.** Формування сценаріїв на базі математичного апарату формальних граматик [Текст] / М. Т. Фісун, К. Ю. Яблонська // Автоматика/Automatics–2013 : матеріали XX Міжнар. конф. з автоматичного управління, 25–27 вересня 2013 р. – Миколаїв : НУК, 2013. – С. 356–357.
- [14] **Kosko, B.** Fuzzy cognitive maps [Text] / B. Kosko // Intern. J. of Man-Machine Studies. – 1986. – № 24.
- [15] **Parr, T.** The Definitive ANTLR 4 Reference – Pragmatic Bookshelf [Text] / T. Parr. – USA, 2012. – 322 p.

© М. Т. Фісун, К. Ю. Яблонська, О. Б. Шуневич

Надійшла до редколегії 15.04.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК

д-р техн. наук, проф. І. І. Коваленко