

УДК 378.147:[519.766:681.3].001.76:61

**МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНЬ НА ОСНОВЕ ПОНЯТЬ ДЛЯ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ НАВЧАННЯ****О.А. Рижов***Запорізький державний медичний університет*

У роботі розглядається 4-рівнева формалізована модель представлення знань предметної області (ПО), яка групується на поняттях професійної мови і включає рівні: 1-й – словник термінів професійної мови, який відображає поняття ПО, 2-й – тезаурус, побудований на основі семантичних відносин, 3-й – граф логічної структури (ГЛС) предметної області, 4-й – багатощарова семантична мережа. Розроблена модель призначена для представлення фармацевтичних і медичних знань у комп'ютерних навчальних системах.

Ключові слова: дистанційне навчання, комп'ютерні системи навчання, бази знань, денотат, семантичні мережі.

**МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ПОНЯТИЙ ДЛЯ
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ОБУЧЕНИЯ****А.А. Рыжов***Запорожский государственный медицинский университет*

В работе рассматривается 4-уровневая формализованная модель представления знаний предметной области (ПО), основанная на понятиях профессионального языка, включающая следующие уровни: 1-й – словарь терминов профессионального языка, отражающего понятия ПО, 2-й – тезаурус, построенный на основе семантических отношений, 3-й – граф логической структуры (ГЛС) предметной области (ПО), 4-й – многослойная семантическая сеть. Разработанная модель предназначена для представления фармацевтических и медицинских знаний в компьютерных обучающих системах.

Ключевые слова: дистанционное обучение, компьютерные системы обучения, базы знаний, денотат, семантические сети.

**KNOWLEDGE REPRESENTATION MODEL ON THE BASE OF CONCEPTS FOR
COMPUTER TRAINING SYSTEMS****A.A. Ryzhov***Zaporozhye State Medical University*

The work deals with 4-level formalized model of knowledge representation of data domain (DD), based on the concepts of professional language and including such levels: 1st – dictionary of professional language terms, showing DD concepts; 2nd – thesaurus, built on the basis of semantic relations; 3rd – graph of logical structure (GLS) of data domain; 4th – multi-plex semantic network. Developed model is designed for medical and pharmaceutical knowledge representation in computer training systems.

Key words: remote education, computer training systems, knowledge bases, denotat, semantic networks.

Впровадження концепції безперервного навчання в систему післядипломної освіти підвищило значення дистанційних форм навчання [1,2]. Проте аналіз сучасних тенденцій створення дистанційних курсів показує, що більшість з них є базами навчально-методичної інформації у вигляді гіпертексту та надають можливість тестування з метою оцінювання отриманих знань. Організація навчальної діяльності у таких комп'ютерних системах на-

© О.А. Рижов

вчання (КСН) побудована на лінійному сценарії подачі матеріалу студентам з періодичним тестовим контролем. Слід зазначити, що такі дидактичні підходи не дозволяють студенту отримати необхідний обсяг потрібних знань і умінь, а викладачу – проконтролювати якість навчання. Використання моделі знань конкретної предметної області створює можливість розробки адаптивних автоматизованих навчальних курсів з нелінійною траекто-

рістю, які дозволяють враховувати особливості засвоєння інформації конкретною людиною.

Мета статті. Мета статті полягає в розробці формалізованої моделі знань предметної області (ПО), яка призначена для генерації нелінійних сценаріїв навчання в КСН на основі еталонної моделі знань (ЕМЗ) студента даного навчального курсу і моделі знань конкретного студента.

Основна частина. Знання можна розглядати як відображення об'єктивної реальності, здійснюване колективним розумом людства і зафіксоване в різних формах і знакових системах [3,4]. Носієм знань конкретної навчальної області є професійна мова, яка відрізняється від звичайної мови високим ступенем однозначності розуміння смислового змісту термінів. Для більш ефективного відображення понять і об'єктів ПО використовуються спеціалізовані мови, такі як мова хімічних та математичних формул, мови опису алгоритмів тощо. У зв'язку з цим, на першому етапі формалізації можна побудувати понятійну модель предметної області. Розробляючи бази знань (БЗ) для КСН ми накладаємо обмеження на обсяг цієї бази. Критерієм обмеження є обсяг знань, наведений у навчальній програмі даного курсу. Такий підхід значно спрощує рішення поставленої задачі розробки БЗ ПО і ЕМЗ студента або курсанта.

Аналіз навчальних програм з різних медико-біологічних дисциплін, які викладаються в університеті, показує, що зміст навчального курсу відображається в термінах ПО, що вивчається, і розподілений на окремі множини відповідних модулів або тем. Метою навчального курсу є передача знань від носіїв знань: співтовариства викладачів, підручників, монографій і т.п., до студента, відповідно до програми курсу з використанням відповідних педагогічних технологій. При автоматизованому навчанні студент взаємодіє з програмно-апаратним комплексом, де розгорнена комп'ютерна система навчання, а носіями знань є навчальні елементи у вигляді тексту, графіки, анімації, відеофрагментів у цифрових форматах, тестів, контрольних завдань та ін., організовані викладачами і дизайнерами в комп'ютерний навчальний курс. У більшості КСН смисловий зміст ПО не формалізований, а відображений у навчальних елементах, які представлені у цифровому форматі. Якість знань студента інтерпретується інтегрованою оцінкою (5-ти або 12-ти бальною, рейтинговою) за тему, модуль або курс. Маючи таку систему оцінювання, ми не можемо оцінити якість знань. Формалізація смислового змісту знань ПО в межах навчального курсу і індексування навчальних елементів на

основі понятійної структури ПО, які використовуються у КСН, дозволить розробити диференційовану систему оцінки якості знань студентів і алгоритми побудови сценаріїв адаптивного навчання.

Нами розроблена 4-рівнева модель предметної області, яка базується на поняттях професійної мови. 1-й рівень – словник термінів професійної мови, який відображає поняття ПО, 2-й – тезаурус, побудований на основі семантичних відносин, 3-й – граф логічної структури (ГЛС) предметної області (ПО), 4-й – багатопшарова семантична мережа. Еталонна модель студента в представленій системі розглядається як проекція моделі ПО, організована на відображенні понять навчального плану дисципліни. Слід зазначити, що термінологічний словник ПО є базовою структурою для подальших рівнів моделі ПО. Так, використовуючи різні відносини і правила, можна побудувати n тезаурусів, застосовуючи різні моделі представлення знань (семантичні мережі, фрейми, онтології тощо) можна побудувати n рівнів БЗ з різним ступенем деталізації відносин об'єктів ПО.

Враховуючи комунікативну роль другої сигнальної системи у людини, вербальний опис предметної області є провідним. У зв'язку з цим, на першому етапі формування БЗ ПО для КСН необхідно створити термінологічний словник навчального курсу. Вербальні засоби опису ПО визначимо як множину використовуваних мов $L_V = \cup L_{S_i}$. Проте розвиток науки в різних галузях приводить до створення спеціалізованих мов (мова хімічних формул, мова математики, CML, SBML і тощо) $L_S = \cup L_{S_i}$, які набагато ефективніше описують об'єкти і явища, що вивчаються даною ПО. Як ми вже відзначали, одна ПО одночасно може використовувати декілька мов для представлення та опису об'єктів, які вивчаються. Їх інтерпретація різними мовними засобами дозволяє повніше і виразніше здійснити опис. Отже, один і той же денотат може інтерпретуватися різними мовами, прийнятими в даній ПО.

Інформація ПО може бути зафіксована і представлена в процесі навчання в різних формах. Множина форм представлення інформації визначається виразом [5]:

$$F_i = \{t, S, g, C\} \quad (1)$$

де t – текстова форма представлення (t -форма);
 S – аудіальна форма (S -форма);
 g – візуальна форма (g -форма);
 C – графічна форма (C -форма).

Кожна з даних форм може бути представлена як запис в двоїчному файлі певного формату або запис на спеціалізованій мові. Наприклад, t -і S -форми,

звуковий супровід може відтворюватися комп'ютером з нот або з *mid*i-файла, *g*- і *C* – форми з мови авто-Лісп або мови графічних сценаріїв, які формують різні анімаційні програми. Визначимо множину мов, які описують форми представлення $L_F = \cup L_{S_i}$.

Таким чином, мовні засоби ПО розглядаємо як:

$$L = L_S \cup L_V \cup L_F = \cup L_n \quad (2)$$

ден= $\{S, V, F, \dots\}$.

Кожен змістовний термін ПО має свій матеріальний або абстрактний денотат. Позначення терміном $l_{n,i}$ мови L_n денотата d_i можна представити як [6]:

$$l_{S,i} \rightarrow d_i; \quad (4)$$

$$l_{V,i} \rightarrow d_i; \quad (5)$$

$$l_{F,i} \rightarrow d_i \quad (6)$$

де R_0 – відношення денотації

$$\cup l_{n,i} \rightarrow d_i. \quad (7)$$

Слід зазначити, що для студента множина взаємодоповнюючих форм і мов представлення об'єкту ПО підвищує ступінь засвоєння навчальної інформації [5]. З іншого боку, необхідно враховувати, що розширення мовних засобів і форм представлення знань ПО не додають знань, а лише покращують виразність представлення інформації і полегшують оперування з нею.

При описі змістовної частини поняття за допомогою семантичних мереж необхідно звільнитися від багатомовності в представленні денотата. Зміст поняття відображається у відносинах і зв'язках поняття з іншими поняттями ПО, тому множинність опису денотата необхідно звести в одну точку, наприклад, до вузла семантичної мережі. Якщо в одній КСН використовуються різні моделі представлення знань, денотат в цих моделях повинен однозначно відображатися. Введемо поняття віртуального денотата. Під віртуальним денотатом d_i ми розуміємо унікальний ідентифікатор поняття, який відображає реальний денотат, що існує в межах бази знань ПО навчального курсу КСН, де реалізовані різні моделі представлення знань. Властивості віртуального денотата обмежуються відносинами, зафіксованими в базах знань КСН, у зв'язку з чим для нього характерна неповнота змісту в порівнянні з реальним денотатом. За аналогією з (7)

$$d_i \leftarrow l_{S,i}; \quad (8)$$

$$d_i \leftarrow l_{V,i}; \quad (9)$$

$$d_i \leftarrow l_{F,i} \quad (10)$$

Таким чином, множинність мовних форм представлення денотата зводиться в БЗ до одного віртуаль-

ного денотата d_i . Ці відносини можна відобразити в одному виразі:

$$d_i \leftarrow \cup l_{n,i} \rightarrow p_i. \quad (11)$$

Визначимо функцію формування словника понять ПО $V_n(l_{n,i})$, що перетворює будь-який термін $l_{n,i}$ мови L_n в свій віртуальний денотат d_j на множині денотатів D_p , що покривають ПО:

$$"l_{n,i} \in L_n \& \exists d_j \in D_j; V_n(l_{n,i}) \rightarrow d_j, D_j = \{1, 2, \dots, k\} \quad (12).$$

Функція $V_n(l_{n,i})$ є табличною і визначена на множині D_p , що представляє ряд натуральних чисел N . Кожному новому денотату, введеному в словник, привласнюється нове значення з N . Зворотна функція від $V_n(l_{n,i})$ дозволяє перетворити денотат в лексему на відповідній мові L_n або формі:

$$"d_j \in V_{L_n} \& L_n; V^{-1}(d_j) \rightarrow l_{n,i} \quad (13).$$

Введемо операцію визначення денотата лексеми за описаним раніше поняттям. Якщо в даному контексті існують два поняття на різних мовах або синоніми, що позначають один денотат, то:

$$(l_{n,i} = d_j) \& (l_{n,i} \equiv_{def} l_{n,k}) \Rightarrow l_{n,k} = d_j \quad (14)$$

Побудова структур всіх подальших рівнів формалізації здійснюється на основі внутрішнього представлення термінів і лексем – віртуального денотата. Таке рішення дозволяє формувати змістовну компоненту поняття незалежно від вхідної мови терміну або лексеми.

Другий рівень формалізації знань ПО представлений тезаурусом. Відповідно до [4], тезаурус понять Tez_n на мові L_n можна представити як:

$$Tez_n = \{L_n; Sem_1, Sem_2, \dots, Sem_k\} \quad (15).$$

де $Sem_1, Sem_2, \dots, Sem_k$ – семантичні відношення на цій множині.

Хай $Descr_{L_n}$ – функція опису ПО засобами мови L_n . Тоді повний понятійний апарат ПО є об'єднання тезаурусів для кожного мовного засобу, прийнятого в ній:

$$\sum Descr_{L_n} \rightarrow \cup T_{L_n} \quad (16)$$

Практична реалізація тезауруса на β – пірамідальних мережах (β -ПС) [7] дозволяє динамічно здійснювати його перебудову при розширенні словника понять або семантичного поля поняття або концепту *s*. Привабливість β – пірамідальних мереж полягає в можливості організації додаткових інтелектуальних операцій, які вони дозволяють здійснювати над тезаурусом. До них відносяться: можливість організації асоціативного пошуку [7,8], індуктивного формування понять, формування висновку за аналогією [8,9] та інші. На основі даної математичної структури

можливе контекстне визначення денотата. Під контекстом ми розуміємо область БЗ, яка активується при введенні і подальшому аналізі поняття або лексеми. Для однозначного розуміння семантики терміну, перед введенням її в тезаурус, формуємо префікс з активованих вершин вищерозміщених шарів БЗ. Алфавітом для формування префікса є коди денотатів. Розглянемо K_k – контекст поняття $c_{n,p}$, реалізованого на -ПС і K_n – контекст нового, не визначеного поняття $c_{n,q}$, тоді:

$$(c_{n,p} = d_i) \& (K_k \cap K_n = 0) \Rightarrow c_{n,q} = d_j \quad (17).$$

де d_i – новий унікальний ідентифікатор віртуального денотата мови L_n

Третій рівень формалізації полягає в побудові графа логічної структури (ГЛС) [10]. Результатом цього етапу є ієрархічне відображення понятійної структури всього навчального курсу на графі деревоподібної структури на основі *isa* відношення. Представлення смислової структури навчальної інформації за допомогою ГЛС дозволяє компактно і наочно відобразити елементи знань конкретної навчальної дисципліни. Як показує практика розробки ГЛС, на вузлах першого рівня зазвичай знаходяться поняття, які відповідають розділам курсу.

Четвертий рівень формалізації полягає у формуванні БЗ на основі багатошарової семантичної мережі (БСС). При створенні БСС використовується термінологічна база, яка описана в словнику й у тезаурусі. Властивості, структура і зв'язки об'єктів формуються в результаті застосування до інформації про об'єкти ПО методів системного аналізу [11, 12, 13, 14]. Медичні і біологічні системи відносяться до класу складних ієрархічних систем, тому при описі структури об'єктів можна виділити декілька етапів: 1) визначення якісного складу; 2) накладення зв'язків на компоненти; 3) визначення характеристик зв'язків; 4) опис структури при різних станах.

Всі операції на етапі формування БЗ проводяться групою експертів (викладачами конкретної кафедри) в даній ПО.

Базу знань предметної області можна представити у вигляді системи:

$K = \{ K^s, F, M, C, \}$ (18), де K – база знань ПО, визначена на D ;

K^s – база знань, що описує структуру об'єктів ПО;

F – формальний опис функцій об'єктів ПО;

M – формальний опис методів ПО;

C – множина графів класифікації об'єктів ПО.

В основі S лежить багатошарова семантична мережа SG , що описує структуру об'єктів:

$$SG = (O, R) \quad (19)$$

де O – множина вершин графа, що представляють об'єкти ПО;

R – відносини або зв'язки між об'єктами.

Кожен об'єкт $o_i \in O$, що входить в K^s , описується семантичним графом SG [12], який зважений за вершинами o_i і дугами $r_\rho \in R$:

$$\omega_i = \langle NS_i, PS_i, dom(ps_{i,n}) \rangle \quad (20)$$

де ω_i – вага вершини o_i , NS_i – ім'я вершини і PS_i – перелік властивостей o_i , $dom(ps_{i,n})$ – множина значень властивості $ps_{i,n}$;

$$\omega_\rho = \langle NR_\rho, v_\rho, Z_\rho, dom(r_\rho) \rangle \quad (21)$$

де ω_ρ – вага дуги r_ρ , NR_ρ – назва зв'язку r_ρ , v_ρ – вектор зв'язку, Z_ρ – одиниця вимірювання, $dom(r_\rho)$ – множина значень r_ρ .

Засобом вивчення об'єктів і отримання нових знань про властивості PS_i і зв'язках R є методи дослідження об'єктів даної ПО, які використовуються суб'єктом (дослідником). Їх необхідно відрізнити від поняття «метод» в об'єктно-орієнтованій нотації UML. З погляду системного аналізу, метод – це функціональне перетворення властивостей або систем об'єкту з початкового стану в стан, коли відбувається декомпозиція об'єкту дослідження на підсистеми, виявлення нових властивостей або зміну стану параметрів об'єкту, які вивчаються, ці параметри розглядаються нами як властивості, але з іншими значеннями. Тоді, якщо X_o – область, що визначає стани вхідних форм (властивості, зв'язки) і P_o – область значень, що визначає вихідні форми (нові властивості, зв'язки, об'єкти), O – об'єкт, M_i – методи, то

$$\sum_{i=1}^n M_i : X_o \longrightarrow P_o \quad (22)$$

Методи дозволяють спрямувати процес дослідження «в глибину» або «в ширину». Процес дослідження «в ширину» відображає процес розпізнавання об'єктів із заданим набором властивостей. Процес дослідження «в глибину» надає можливість виявляти нові властивості, нові об'єкти з новими властивостями. Формальний опис методів ПО дозволяє в БЗ КСН розробити алгоритми контролю якості засвоєння умінь і навичок студента.

Основою формального опису функцій об'єктів ПО є операторна модель функціонального модуля $F_n NF, NS$, яка представлена автоматом [12]:

$$F_h^{NF, NS} = \langle X^{NS}, M_\Delta^{NS}, Y^{NS}, \Psi^{NS}, \Phi^{NS} \rangle \quad (23)$$

де X^{NS} – множина значень вектора вхідних параметрів;

M_{Δ}^{NS} – множина внутрішніх станів;
 Y^{NS} – множина значень вектора вихідних параметрів;
 Y^{NS} – операція, яка ставить у відповідність значення вектора вхідних параметрів і внутрішнього стану, певний новий стан;
 Y^{NS} – операція, яка визначає вектор вихідних значень параметрів за вхідним вектором і внутрішнім станом.

Виконання функціонального модуля $F_h^{NF,NS}$ перетворює функціональні відносини, задані множиною X^{NS} , в сукупність функціональних відносин множини Y^{NS} за допомогою відображення в множину M_{Δ}^{NS} . За наявності достатньо глибоких знань в ПО про функціонування системи або підсистеми стає можливою декомпозиція функції та її реалізація на різних рівнях ієрархії. Результатом застосування цього методу аналізу є дерево функцій T_F^{NF} . Серед множини функцій є одна, основна, для виконання якої призначена система. Така функція називається цільовою функцією системи $F_0^{NF,NS}$ і позначається нульовим індексом $h=0$, що інтерпретується на структурі T^{NS} системи S_i . Декомпозиція першого рівня представляє суперпозицію функцій рівня $k+1$, яка інтерпретується на сімействі підсистем $\{S_i^{k+1,NS}\}$:

$$k=0 \int_0^{NF,NS} \in F_0^{NF,NS}, k=0 \int_0^{NF,NS} \longrightarrow ; \quad (24)$$

$$k+1 \int_1^{nf,ns} \circ \int_2^{nf,ns} \circ \dots \circ \int_l^{nf,ns}$$

$$k=0 \int_0^{NF,NS} \in F_0^{NF,NS}, k+1 \int_0^{NF,NS} \longrightarrow$$

$$k+2 \int_1^{nf,ns} \circ \int_2^{nf,ns} \circ \dots \circ \int_l^{nf,ns} \quad (25)$$

де l – кількість функцій рівня $k+1$, що реалізує функції рівня k .

Описані БЗ, що відображають структуру об'єктів ПО K^S і їх функції дозволяють перейти до графу класифікації, який дає можливість розпізнати об'єкт (систему) за її властивостями. Навіть найприблизніший аналіз класифікацій в медико-біологічних науках дозволяє розділити їх на морфологічну, функціональну, філогенез, емпіричну й ін. Для класифікації об'єктів, описаних багатозаровою семантичною мережею, використовуються методи структурного розпізнаван-

ня. Алгоритм такої класифікації складається з суперпозиції двох алгоритмів [15]:

$$Al_C = Al_O \circ Al_P, \quad (24)$$

де Al_O – алгоритм узагальнення на МСС;

Al_P – алгоритм розпізнавання.

Опишемо об'єкти класифікації як:

$$T_i^S = \bigcup T_j^{NS}, T_i^F = \bigcup T_j^{NF,NS} \quad (27)$$

тоді вираз $T_i^S \xrightarrow{Al_C} T_{S,\#}^C$ визначає класифікацію за структурою;

$T_i^F \xrightarrow{Al_C} T_{F,\#}^C$ (28) визначає класифікацію за функціями;

$\{T_i^S, T_i^F\} \xrightarrow{Al_C} T_{F,\#}^C$ (29) – структурно-функціональна класифікація.

Застосування алгоритмів класифікації до об'єктів БСС дозволяє побудувати сімейство графів класифікації за різними ознаками, що характеризують об'єкти, а також змоделювати реально існуючі класифікації ПО. Дані графи дозволяють здійснювати ідентифікацію об'єктів ПО, а також розширити спектр алгоритмів навчання і контролю знань використовуваних КСН.

Висновки. Розроблена 4-рівнева формалізована модель представлення знань предметної області, групується на поняттях професійної мови, дозволяє розробити інструментальне програмне забезпечення для створення баз знань, які входять до складу КСН медичного і фармацевтичного профілю. 4-рівнева модель дозволяє здійснювати поетапне формування бази знань навчального курсу КСН, який розробляється, і покращувати якість навчання після реалізації кожного рівня бази знань. Накладення обмежень за змістом на базу знань у розмірі програми навчального курсу дозволяє розглядати її як еталонну модель знань студента, на основі якої можлива розробка адаптивних алгоритмів навчання.

На основі даної моделі представлення знань ПО розроблений проект функціонального блоку інструментальної системи RATOS, яка призначена для розробки дистанційних навчальних систем. Програмна реалізація здійснюється в середовищі СУБД SASNE фірми Intersystems.

Література

1. Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки / Верховна Рада України. – Офіц. Вид. – К.: Відомості Верховної Ради України, 2007. – № 12, ст. 102.
2. Минцер О.П. Информатизация медицинского образования. - Украинский медицинский часопис. - №5 (37) – IX-X – 2003. – С. 83-89.

3. Антонов А.В. Информация: восприятие и понимание. – Киев: Наукова думка, 1988. – 184 с.
4. Баранов Г.Л., Макаров А.В. Структурное моделирование сложных динамических систем. – Киев: Наукова думка, 1986. – 272 с.
5. Соломатин Н.М. Информационные семантические системы. – М.: Высшая школа, 1989. – 127 с.

6. Переверзев В.Н. Логистика: Справочная книга по логистике. – М.: Мысль, 1995. – 221 с.
7. Гладун В.П. Планирование решений. – Киев: Наукова думка, 1987. – 168 с.
8. Автоматизация информационного обеспечения научных исследований. // Под ред. А.А. Стогния – Киев: Наукова думка, 1990-296 с.
9. Гладун В.П., Ващенко Н.Д. Локально-статистические методы формирования знаний. // Кибернетика и системный анализ. – 1995. – №2. – С.62-74.
10. Рыжов А.А. Декомпозиция учебной дисциплины как этап подготовки учебного материала для систем автоматизированного обучения // А.А. Рыжов., О.Б. Макоед, Н.А. Иванькова / Педагогіка і психологія формування творчої особистості: проблеми і пошуки. Зб. наук. праць. Вип.35. – Київ - Запоріжжя, 2005. – С. 266-271.
11. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Системотехника. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.
12. Технология системного моделирования / Е.Ф. Аврамчук, А.А. Вавилов, С.В. Емельянов и др. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
13. Рыжов А.А., Патока О.В. Алгоритм формализации знаний предметной области на основе методов системного анализа простых систем. / Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. Зб. наук. праць. – Запоріжжя: Вид-во ЗДМУ, 1997. – Вип.1 – С. 328–334.
14. Методология функционального моделирования. – М.: Госстандарт России, 2001. – 49 с.
15. Вагин В.Н. Дедукция и обобщение в системах принятия решений. – М.: Наука, 1988. – 381 с.