

АРХІТЕКТУРА МЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ У СТОМАТОЛОГІЇ

© Шаховська Н. Б., Кордіяк Д. А., 2014

Описано архітектуру інтелектуальної інформаційної медичної діагностичної системи. Спроектовано інформаційну модель такої системи. Визначено мету, завдання і сферу застосування системи.

Ключові слова: правила виведення, стоматологія, інтелектуальна система.

The intellectual medical diagnosis system is described in the article. The informative model of such system is projected. Goals, objectives and scope of such a system are defined.

Key words: rules, dentistry, intelligence system.

Вступ

Інтелектуальна інформаційна система (ІС) – це один з видів автоматизованих інформаційних систем, інколи ІС називають системою, основою на знаннях. ІС є комплексом програмних, лінгвістичних і логіко-математичних засобів для реалізації основного завдання: підтримання діяльності людини і пошуку інформації у режимі розширеного діалогу на природній мові. Використання інтелектуальних інформаційних систем у медицині нараховує уже понад 40 років. Проте діагностичні системи в стоматології практично не застосовують [2]. Причиною такого явища є необхідність опрацювання великої кількості параметрів, модифікація архітектури експертної системи [1, 3]. Тому мета роботи – розроблення структури інформаційної системи діагностики в стоматології. В медицині, особливо в галузі діагностики, важливою складовою є своєчасне виявлення патологій та аналіз стану пацієнта. Часто лікарям доводиться консультувати пацієнтів у позаробочий час без доступу до бази даних клініки. Саме тому для встановлення оперативного та правильного діагнозу важливо, щоб лікар мав можливість діагностувати пацієнта відразу під час звернення до нього. Для цього лікарю необхідна мобільна версія діагностичної системи. Головні вимоги до мобільної діагностичної системи – простота у користуванні для лікаря, зняття для роботи з базою даних пацієнтів, можливість вибору та аналізу симптомів, визначення особливостей стану пацієнта. Мета роботи – розроблення мобільної діагностичної системи в стоматології, основаної на використанні правил виведення.

Аналіз літературних та інших джерел

Головна мета діяльності стоматологічної клініки полягає у наданні якісної медичної допомоги та своєчасному виявленні захворювань зубів. Процес діагностики є одним з найважливіших завдань і процесів діяльності стоматологічної клініки, оскільки результати діагностики визначають напрям і методи подальшого лікування.

Медичні діагностичні системи повинні відповідати таким вимогам:

- Об'єктивна оцінка поточного стану здоров'я пацієнта.
- Об'єктивна оцінка стану пацієнта після проведення лікування.
- Можливість виявлення всіх можливих побічних ефектів після лікування.
- Можливість підбору відповідних медичних препаратів, які будуть застосовані у лікуванні.
- Можливість виявлення можливої негативної реакції організму на медичні препарати в процесі лікування та після нього.

– Можливість поповнення та оновлення бази даних захворювань.

Основні завдання та функції медичних діагностичних систем.

- Автоматизація обробки інформації на етапі попередньої роботи медичного персоналу з визначення діагнозу та розроблення тактики лікування.

- Автоматизація лабораторних досліджень.
- Створення баз даних та знань.
- Упорядкування потоку інформації всередині установи.
- Процес накопичення даних про захворювання.

Проте найважливішою функцією медичних діагностичних систем є правильне визначення діагнозу та складання карти імовірності різних захворювань.

Сьогодні існують такі системи, як TxDent, Rapid, проте вони не підтримуються на мобільних платформах та не враховують додаткових обстежень.

TxDent. Це експертна система, створена для обробки клінічних результатів огляду ротової порожнини та створення експертної оцінки для проведення подальшого лікування та виявлення можливих проблем після реалізації певної стратегії лікування. Система генерує детальний список медикаментів та коштів, необхідних для придбання відповідних медикаментів, її можна підлаштувати під діяльність різних клінік. Загалом призначення системи – це складання оптимального набору медикаментів і зберігання клінічних даних пацієнтів.

Fraunhofer IFF. Німецька експертна система, яка застосовується в різних видах людської діяльності, основне призначення якої – допомогти у створенні стоматологічних протезів. Система має сховище даних з найновішими технологіями та матеріалами, які використовуються у створенні протезів.

Rapid. Є помічником, побудованим на знаннях для проектування знімних часткових протезів (RPDS), використовує техніки з логічних баз даних, декларативної графіки і критики, разом з експертними знаннями дизайну, щоб забезпечити CAD – стилізований графічний інтерфейс як для навчальних, так і для професійних цілей.

MedEXP. Програма, яка дає змогу лікарю-стоматологу встановити діагноз пацієнтам, що поскаржились на розлад після встановлення або заміни зубного протеза. Програма містить базу даних пацієнтів та захворювань, можливість встановлення попереднього, клінічного та повних діагнозів [8].

Аналіз отриманих наукових результатів

Розроблення концептуальної моделі

ПС “DentExp” дає змогу лікарю встановлювати діагноз на підставі скарг пацієнта. Компонентами системи є:

- База даних захворювань.
- Інтерфейс. Лікар зберігає відповіді пацієнта на три види запитань стосовно стану зубів (дані про скарги, анамнез та додаткові запитання).
- Результат. Під час виведення результатів аналізу даних пацієнта програма видає імовірності різних груп та видів захворювань ротової порожнини в процентах.

На рис. 1 подано контекстну діаграму з однією зовнішньою сутністю – Лікарем, який має інформацію про дані пацієнта і тому є джерелом цих даних для системи.



Рис. 1. Контекстна DFD

Деталізовану контекстну діаграму подано на рис. 2.

DFD демонструє представлення потоків даних в інформаційній системі. Також ця діаграма зображає процеси обробки даних, які є у системі. Основний процес складається з підпроцесів обробки даних пацієнта, огляду, діагнозу та формування результату. А діагноз передбачає статичний, попередній та клінічний етапи [8].

На рис. 3 подано діаграму сутність-зв'язок.

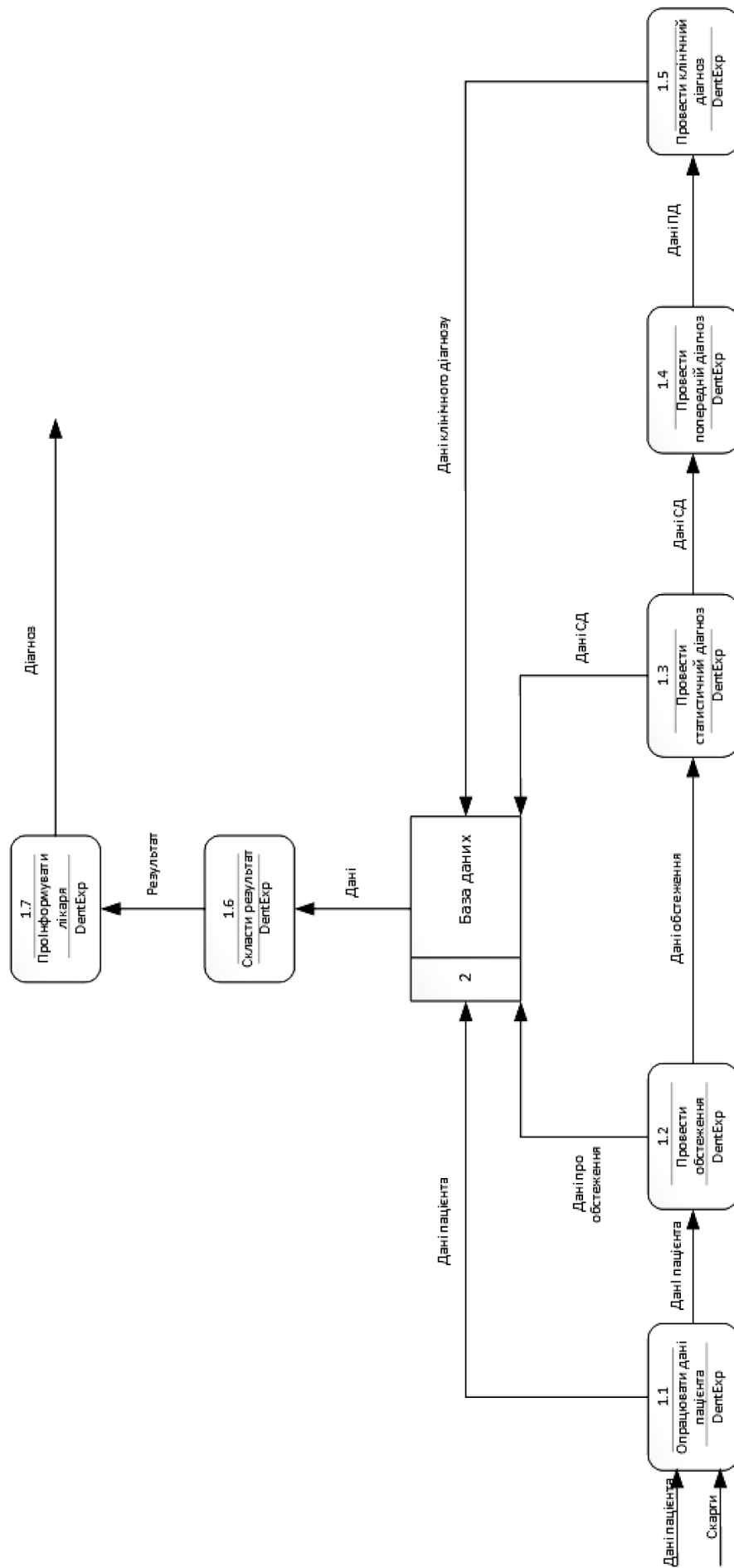


Рис. 2. Деталізована DFD

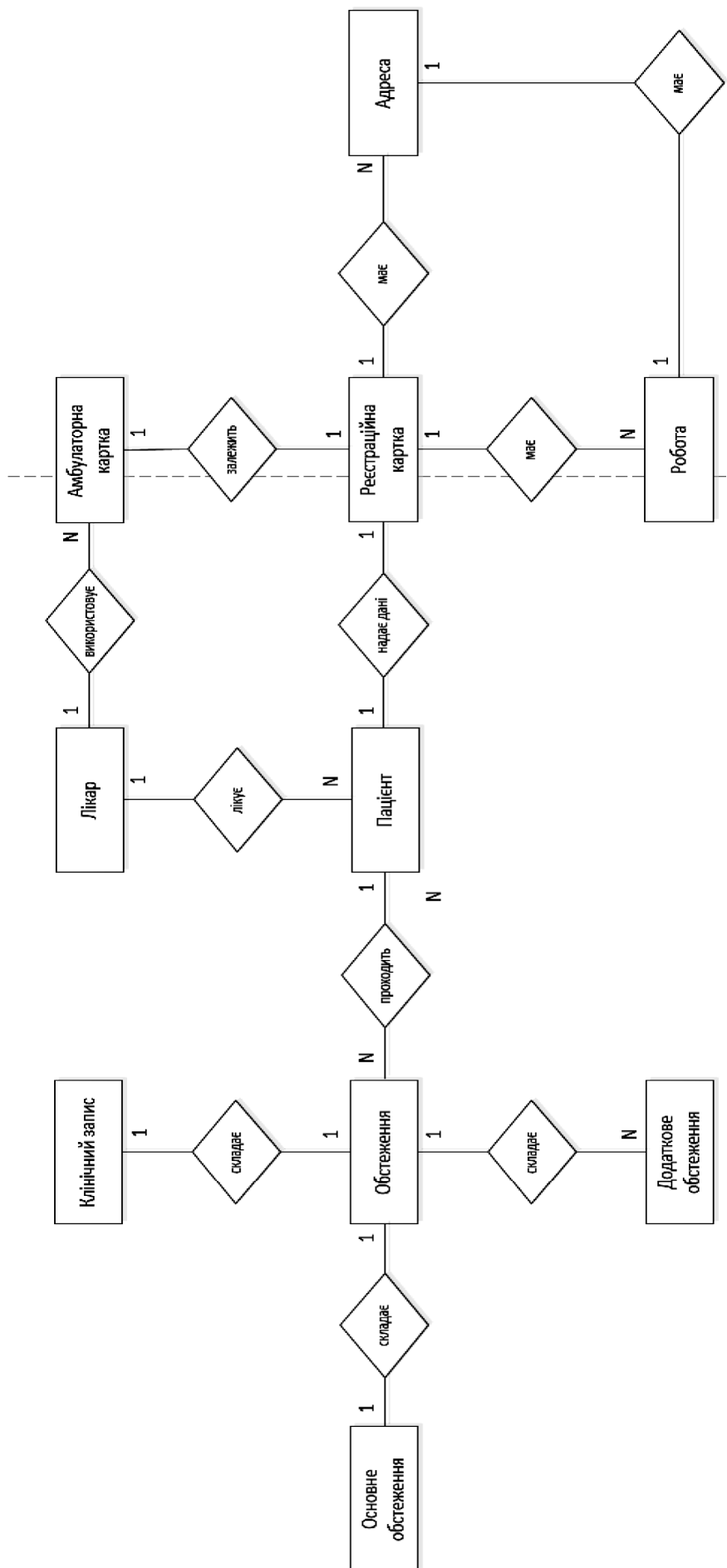


Рис. 3. Діаграма ER

Тут здійснюється деталізація сховищ даних проєктованої системи, а також документуються сутності системи і способи їх взаємодії, зокрема ідентифікація об'єктів, важливих для предметної області, властивостей цих об'єктів (атрибутів) і їх відношень з іншими об'єктами (зв'язків). Графічна модель даних будується так, щоб зв'язки між сутностями відображали не тільки семантичний характер відповідного відношення, але й додаткові аспекти обов'язковості зв'язків, а також кратність сутності, що бере участь у цих відношеннях екземплярів.

Наступною діаграмою є діаграма кооперації (рис. 4). Подана діаграма вказує ролі, які відіграють елементи, що беруть участь у взаємодії. Також ця діаграма відображає детальні дії, які виконує кожен об'єкт стосовно іншого об'єкта, вказує тип зв'язку між цими об'єктами.

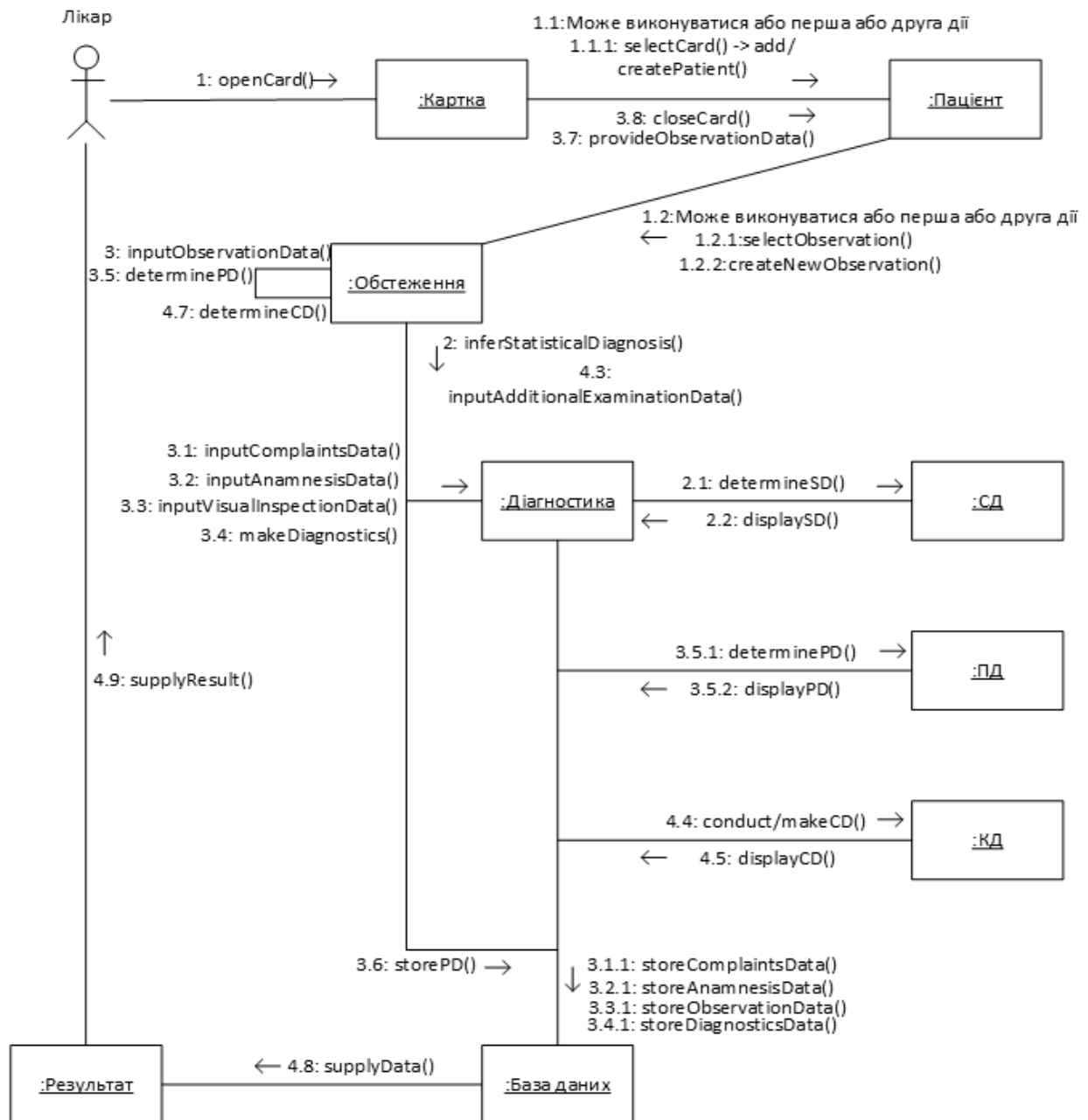


Рис. 4. Діаграма кооперації

Діаграма послідовності (рис. 5) демонструє взаємодію об'єктів, впорядковану за час виконання. Спочатку виконується звичайна діагностика, на її основі складають статистичний, попередній та клінічний (повний) діагнози. В системі є і зворотний зв'язок, тобто після здійснення певної дії відразу відправляються дані про результат її виконання.

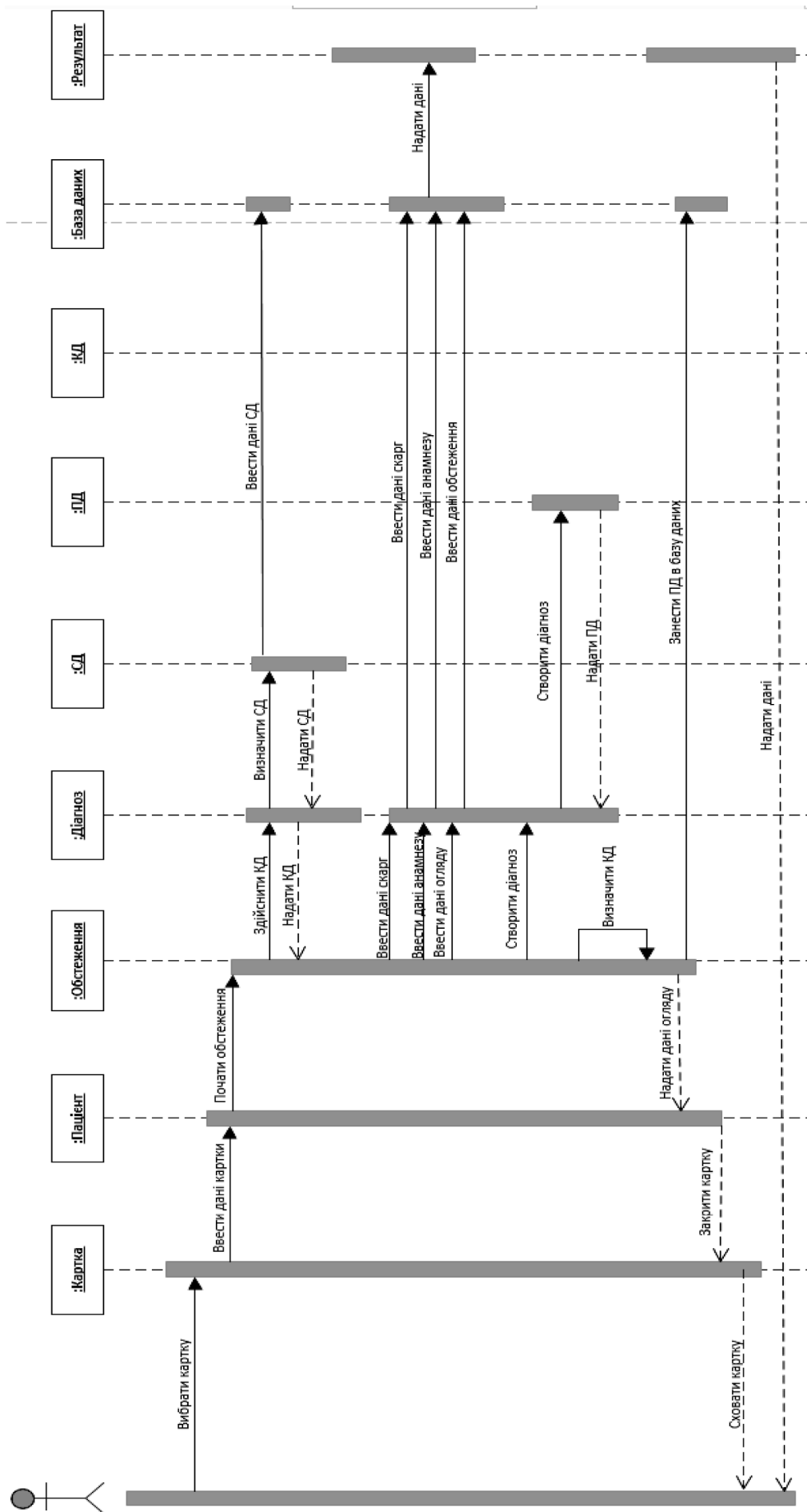


Рис. 5. Діаграма послідовності

Завдання проєктованої системи – визначити ймовірність захворювання на основі аналізу скарг пацієнтів та супутніх паталогій.

Програма має такі функції:

- створення облікового запису пацієнта;
- список основних обстежень та додаткових обстежень, кожне з яких містить повний перелік скарг, розділених за групами;
- визначення ймовірності кожного з можливих захворювань.

Проєктована інформаційна система призначена для лікарів-стоматологів стоматологічних клінік, має допомогти у визначенні діагнозу. Крім того, завдяки мобільній платформі систему можуть застосовувати пересічні користувачі для самостійного визначення діагнозу.

Інформацію, що обробляється, подано у вигляді булевих значень (наявність/відсутність скарги).

Описання механізмів логічного виведення

Логічне виведення здійснюється на основі продукційних правил, які на вході отримують набір булевих значень всіх симптомів, а на виході дають процентну характеристику кожного з імовірних захворювань [6]. Джерелом вхідної інформації системи є множина елементів інтерфейсу – тригерів, які здатні набувати значень true або false, залежно від вибору користувача. Як тільки користувач вибрав певні тригери та перейшов на наступний екран програми, значення тригерів записують у допоміжний клас – синглтон – Utils. Вихідні дані системи формуються в результаті опрацювання значень тригерів модулем з продукційними правилами. Вихідні дані формуються після того, як користувач пройшов всі обстеження та відразу перед переходом на екран з результатами у методі viewWillAppear. Передбачено, що отримувачем вихідних даних системи є лікар-стоматолог, але програму може також використати і пересічний користувач, якого цікавить можливе захворювання, або за необхідності термінової консультації.

Для пацієнта діагноз виводиться тільки раз для кожного нового обстеження, а під час повторного перегляду цього обстеження – зчитується з бази даних.

Наведемо правило “Жоден із вищеперелічених”:

```
(defrule d20
  (and
    (or (factor 2.1.0) (factor 2.3.0) (factor 2.4.5) (factor 2.4.6) (factor 2.4.7) (factor 2.4.8) (factor 2.4.9)
        (factor 2.5.0) (factor 2.9.0) (factor 2.10.5)
        (or (and (factor 2.7.0) (not (factor 2.7.5))) (and (factor 2.7.5) (not (factor 2.7.0))))))
    (or (factor 3.2.3) (factor 3.3.3) (factor 3.6.0) (factor 3.6.1) (factor 3.6.2) (factor 3.7.0) (factor 3.8.0)
        (factor 3.8.1) (factor 3.8.2) (factor 3.8.3))
    (or (factor 4.2.4) (factor 4.2.5) (factor 4.2.6) (factor 4.4.0) (factor 4.4.1) (factor 4.4.2) (factor 4.4.3)
        (factor 4.8.6) (factor 4.9.9) (factor 4.12.0)
        (factor 4.13.0) (factor 4.13.1) (factor 4.13.2)
        (or (and (factor 4.1.0) (not (factor 4.1.2))) (and (factor 4.1.2) (not (factor 4.1.0))))
        (or (and (factor 4.11.0) (not (factor 4.11.4))) (and (factor 4.11.4) (not (factor 4.11.0))))))
  )
  =>
  (assert (Vysnovok2 (kv 0.95) (var0 0.95)))
)
```

У номері фактора перше число означає групу скарг, друге число – номер екрана з відповідної групи, третє число – номер питання на екрані. Експерт запропонував три множини факторів, всеможливі комбінації яких забезпечують спрацювання правила під назвою d20:

```
(factor 2.1.0) (factor 2.3.0) (factor 2.4.5) (factor 2.4.6) (factor 2.4.7) (factor 2.4.8) (factor 2.4.9) (factor
2.5.0) (factor 2.9.0) (factor 2.10.5) (factor 2.7.0) (factor 2.7.5)
(factor 3.2.3) (factor 3.3.3) (factor 3.6.0) (factor 3.6.1) (factor 3.6.2) (factor 3.7.0) (factor 3.8.0) (factor
3.8.1) (factor 3.8.2) (factor 3.8.3)
(factor 4.2.4) (factor 4.2.5) (factor 4.2.6) (factor 4.4.0) (factor 4.4.1) (factor 4.4.2) (factor 4.4.3) (factor 4.8.6)
(factor 4.9.9) (factor 4.12.0) (factor 4.13.0) (factor 4.13.1) (factor 4.13.2) (factor 4.1.0) (factor 4.1.2) (factor
4.11.0) (factor 4.11.4)
```

Отже, правило з ймовірністю і коефіцієнтом впевненості 0.95 спрацює тоді, коли виявлений принаймні один симптом з множини 1, принаймні один симптом з множини 2 і принаймні один симптом з множини 3.

Валідація розробленої системи

Валідація даних – це процес, який гарантує, що система працює з правильними і потрібними даними та повертає правильний результат. Для виконання валідації використовують правила валідації, що перевіряють правильність або значущість даних, що надходять до системи. Для аналізу контрольного прикладу та продуктивності виберемо один з можливих варіантів для створення діагнозу (рис. б).

2. Скарги													3. Анамнез													4. Огляд														
2.1	0	1	2	3	4	5							3.1	0	1	2									4.1	0	1	2	3	4	5	6								
2.2	0	1	2	3	4	5	6	7					3.2	0	1	2	3	4	5	6					4.2	0	1	2	3	4	5	6								
2.3	0	1	2	3									3.3	0	1	2	3	4	5	6	7				4.3	0	1	2	3											
2.4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	3.4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	4.4	0	1	2	3												
2.5	0	1	2	3									3.5	0	1	2	3							4.5	0	1	2													
2.6	0	1	2	3									3.6	0	1	2								4.6	0	1	2													
2.7	0	1	2	3	4	5	6	7	8				3.7	0	1	2	3	4	5					4.7	0	1	2													
2.8	0	1	2										3.8	0	1	2	3							4.8	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
2.9	0	1	2																					4.9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
2.10	0	1	2	3	4	5	6																	4.10	0	1	2	3	4	5										
																								4.11	0	1	2	3	4											
																								4.12	0	1	2													
																								4.13	0	1	2													

Діагноз _____

Рис. б. Один з можливих варіантів для певного захворювання

Таблиця заключної диференційної діагностики за даними додаткових досліджень

№ Діагн		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
1	1. Гальванічно-запальний розлад					>200мВ >18мкА	5,8-6,6		Зп	10^3-10^6	<0,1мг/л				
2	1.1. Хронічний пародонтит (загострення)		1-3	2/3з	3,5-4,5 2,5-4,5				Зп, Дт	>10 ⁶					
3	1.2. Медикаментозний стоматит	ПрШ							Зп, Дт		0,1-1,0мг/л		Гум+ Кл-	ТН, ГП	
4	2. Оклюзійний розлад		3-5	1/3м	1,5-2,5 1,0-2,0			225-300мВ				0,3-0,6			
5	2.1. Синдром СНЩ больової дисфункції	ХрЗ	1-3	1-3/м				180-225мВ				<0,3			
6	2.2. Одонтогенна невралгія			2/3м	2,5-3,5 1,5-2,5			120-180мВ				0,6-0,9		ВП	
7	3. Гальвано-токсичний розлад				2,5-3,5 0,5-1,5	80-200мВ 6-18мкА	6,6-7,0				>1,0мг/л			ТН	
8	3.1. Кандидоз порожнини рота	ХрЗ					6,0-6,6		Зп, Дт	>10 ⁶			Нсп+ Гум- Кл-		
9	3.2. Хронічний гастрит (загострення)	СППр			3,5-4,5 1,5-2,5		5,6-6,2			10^3-10^6		<0,3			
10	4. Гальвано-алергічний розлад	ПрШ				80-140мВ 4-12мкА						0,6-0,9	Нсп+ Кл-	АН, ГП	
11	4.1. Медикаментозна алергія	ПрШ							Зп, Дт		0,1-1,0мг/л		Гум+ Кл-	АН	
12	4.2. Залізодефіцитна анемія	ХрЗ			1,5-2,5 1,5-2,5			180-225мВ	Дт			<0,3			
13	5. Гальвано-рефлекторний розлад		1-3			120-140мВ >18мкА		180-225мВ						ВП, ТН	<40
14	5.1. Глосодія				2,5-3,5 2,5-3,5	60-120мВ 6-12мкА		225-300мВ		>10 ⁶					40-60
15	5.2. Стомалгія					60-120мВ 12-24мкА		120-180мВ	Дт					ВП	>60
16	6. Адаптаційний розлад	СППр	1-3									0,3-0,6	Нсп- Кл+		40-60
17	6.1. Невроз (астенічний, істеричний, нав'язливих станів)	СППр						120-180мВ				0,6-0,9		ВП	>60
18	6.2. Клімактеричний синдром	ХрЗ						225-300мВ				<0,3		ГП	40-60

Рис. 7. Імовірності захворювань (розладів) для контрольного прикладу

Щоб перевірити коректність роботи програми, необхідно вибрати відповідні скарги для генерації діагнозу. На рис. 8 відображено один з екранів, на якому вибирають скарги для контрольного діагнозу. Вибравши всі необхідні скарги з розділу “Основне обстеження” та підрозділів “Скарги”, “Анамнез” та “Огляд”, переходимо на екран з результатами роботи програми – імовірностями захворювань (розладів) (рис. 9).

Як видно з рис. 9, найімовірнішими розладами є гальванічно-запальний і гальванічно-рефлекторний розлади. Для тестування продуктивності програми виміряно такі параметри: час зберігання даних пацієнта в базу даних, час переходу на наступний екран під час вибору скарг та час переходу на екран з результатами дослідження.

Після введення додаткових даних пацієнта (рис. 10) користувач зберігає інформацію про пацієнта в базі даних. Час занесення даних у БД становить 0,687 с.

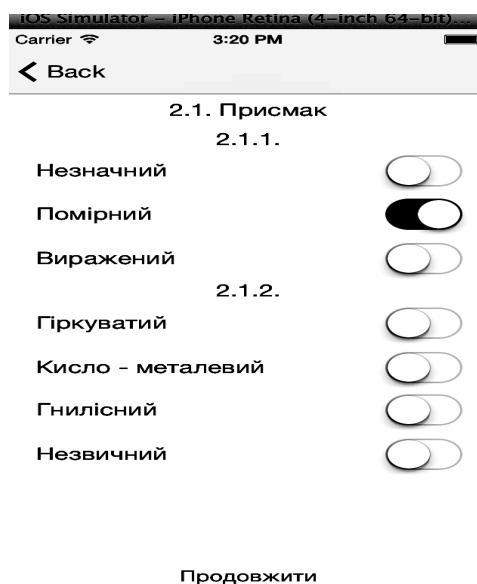


Рис. 8. Вибір скарги на одному з екранів

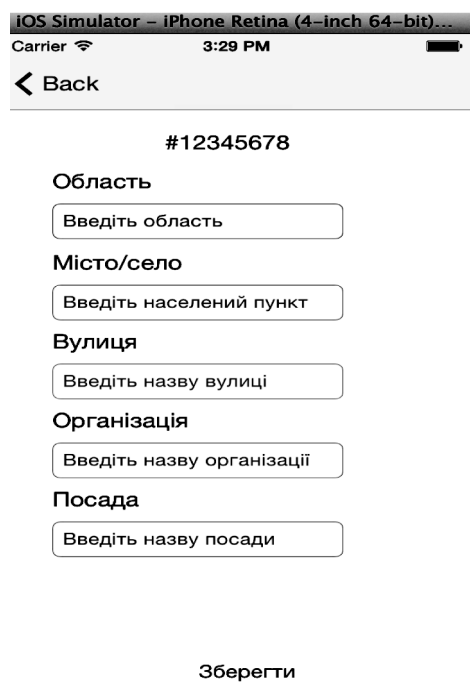


Рис. 10. Додаткові дані пацієнта

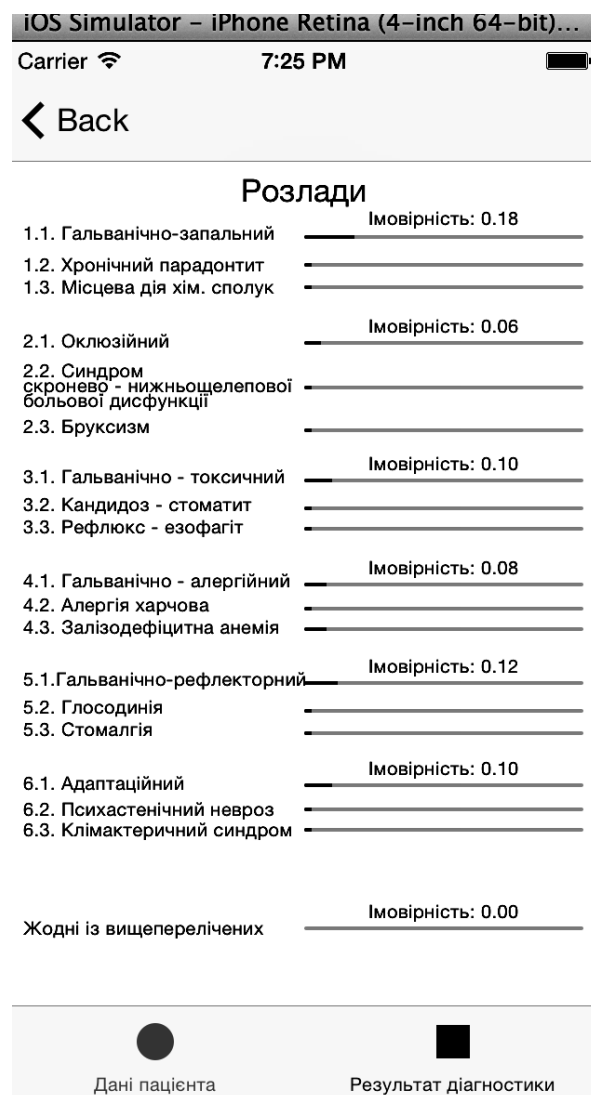


Рис. 9. Імовірності появи розладів

2014-05-26 15:43:25.483 DentExp[1661:60b]
0.68721009

Рис. 11. Час занесення в базу даних пацієнта

Час переходу на наступний екран визначається через те, що після кожного переходу зберігаються значення скарг, які задав пацієнт.

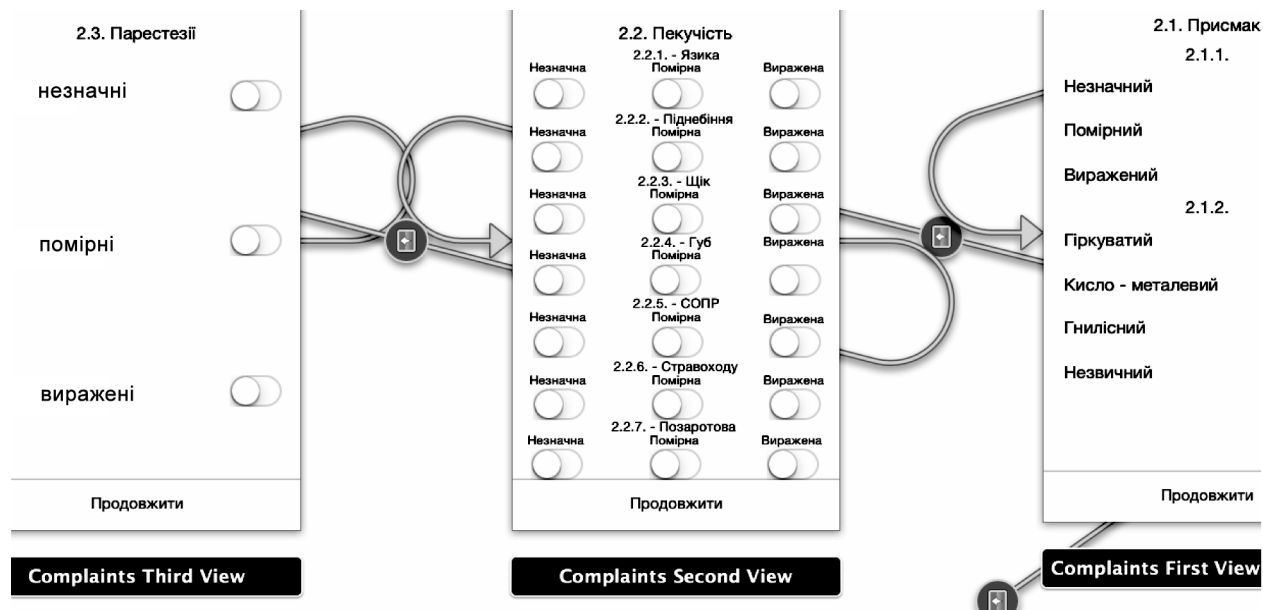


Рис. 12. Конструктор переходів між екранами

Результат роботи програми – імовірності розладів (захворювань) генеруються у разі переходу на екран з результатами роботи програми. Це сповільнює роботу програми, але оптимізує продуктивність загалом, адже не завжди користувач захоче відразу переглядати результати діагностики, і тому результати формуються за потребою користувача.



Рис. 13. Час складання діагнозу

Отже, за результатами тестування продуктивності, найдовше триває складання діагнозу. Це закономірно, оскільки для цього потрібно опрацювати кілька десятків продукційних правил.

Висновки і перспективи подальших наукових розвідок

Розроблено концептуальну модель, а також використано наївний класифікатор Байеса для визначення ймовірного захворювання.

Система розміщена на AppStore і класифікується як безкоштовне ПЗ.

1. Бородина Е. С. Компьютерная система управления стоматологической практикой «Dental 4 Windows»: возможность сосредоточиться на главном / Е. С. Бородина. – М.: Стоматология, 2003. – № 1. – 100 с.
2. Джексон П. Введение в экспертные системы / П. Джексон. – СПб: Питер, 2001. – 400 с.
3. Кардаш Я. Методика видобування знань для однієї базованої системи / Я. Кардаш, А. Кордіяк, І. Лясович // Інформаційні системи та мережі. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2000. – № 3. – С. 31–42.
4. Нікольський Ю. Дерева прийняття рішень та їхнє застосування для прогнозування діагнозу у медицині / Ю. Нікольський, Ю. Щербина, Р. Якименко // Вісник Львівського Університету. Серія прикладної математики, інформатики. – 2003. – Вип. 6. – С. 191–211.
5. Bemmell J. H. Medical informatics / J. H. Bemmell // Methods Informatics Medicine. – 1996. – Vol. 35. – P. 157–172.
6. Dunham M. Data Mining Introductory and Advanced Topics / M. Dunham. – Pearson Education. – London: Dentistry, 2003. – 456 p.
7. Groselj D. Computer – aided diagnostic system in dentistry / D. Groselj, M. Malus, I. Grabec // Medical Informatics Europe. – Ljubljana: IOS Press – 1999. – P. 639–649.
8. Jackson P. Introduction to expert systems / P. Jackson. Third ed. – Rochester: Addison-Wesley, 2001. – 624 p.