

УДК 004.056

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**О. К. Юдін\***, д-р техн. наук, проф.; **А. В. Ільєнко\***, канд. техн. наук, доц.;  
**Р. В. Зюбіна\***, **О. О. Сергєєв-Горчинський\*\***

\*Національний авіаційний університет

\*\*НТУУ «Київський політехнічний університет»

int2080@ukr.net

*Проведено аналіз сучасних інформаційно-телекомунікаційних систем медичного призначення. Визначено основні напрямки та сфера використання телемедичних систем. Досліджено термінологічний апарат вітчизняних та зарубіжних авторів. Визначено основні види та типи телемедичної інформації. Розглянуто стандарти, які використовуються для передачі та обробки медичних даних. Докладно проаналізовано рівні та структури організації інформаційно-телекомунікаційних систем медичного призначення. На основі аналізу сучасних каналів передачі телемедичної інформації виділено основні параметри: швидкість передачі, дальність, поширеність, надійність, вартість, мобільність. На базі проведеного аналізу визначено подальші шляхи підвищення ефективності функціонування інформаційно-телекомунікаційних систем медичного призначення на основі розробки сучасних методів та моделей оптимальної фільтрації спрямованої на якісне виділення інформаційного сигналу в умовах малих співвідношень сигнал/шум.*

**Ключові слова:** телемедицина, стандарти передачі, інформаційний тракт, медична послуга, мобільний Інтернет.

*The analysis of modern information and telecommunication systems for medical purposes. The basic directions and scope of the use of telemedicine systems. Terminological system studied domestic and foreign authors. The basic kinds and types of telemedicine information. We consider the standards used for the transmission and processing of medical data. Analyzed in detail the levels and structure of the organization of information and telecommunication systems for medical purposes. Based on the analysis of modern telemedicine information transmission channels allocated based on the parameters: transmission speed, range, prevalence, reliability, cost, portability. Based on the analysis identified further ways to improve the functioning of information-telecommunication systems, medical supplies through the development of modern methods and models of optimal filtering aimed at the qualitative selection of the information signal in a small ratio signal/noise.*

Keywords: telemedicine, transmission standards, the information highway, medical service, the mobile Internet.

### Вступ

Стрімкий розвиток сучасних інформаційно-телекомунікаційних систем (ІТС), у тому числі сенсорних мереж, та їх широке застосування в різних сферах людської життєдіяльності зумовлене поступовим зменшенням розмірів апаратних засобів і розвитком систем оброблення інформації, яку вони здатні генерувати та передавати. Завдання створення сенсорних мереж будь-якої складності супроводжується розв'язанням ряду задач, серед яких реєстрування, передавання та оброблення інформації.

**Мета статті** — аналіз сучасної структури та теоретичних основ створення сучасної інформаційно-телекомунікаційної системи медичного призначення, а також на основі проведеного аналізу визначити подальші шляхи підвищення ефективності функціонування ІТС в умовах малих співвідношень сигнал/шум.

### Аналіз сфери використання медичних інформаційно-телекомунікаційних систем

Сучасні медичні інформаційно-телекомунікаційні системи є складовою реалізації технологій і методів впровадження ІТС різних класів. Інфор-

маційні системи медичного призначення різняться залежно від методів інтеграції до ІТС загального або спеціального призначення. Різноманіття класів та структурно-логічних схем їх реалізації базується залежно від типу сигналів, що використовуються, частотного діапазону, типу медичних даних, протоколів зв'язку, видів послуг тощо. Базовою проблемою ефективного використання ІТС з початку їх розвитку до теперішнього часу, безумовно є завадостійкість передачі даних.

Зрозуміло, що в умовах кризових ситуацій, спеціальні телемедичні системи набувають стратегічного значення в боротьбі за життя людини.

Телемедицина на сучасному етапі розвитку суспільства є найбільш прогресивна та наукоємна галузь медичної сфери діяльності держави і особистості. Інформаційно-телекомунікаційні медичні системи поєднують та змивають граничні критерії між інформаційними потоками різних класів, технічними характеристиками ІТС загального та спеціального призначення, різними типами даних та методами їх передачі і обробки.

Стратегічне та тактичне завдання медичних інформаційних систем — надання медичних сер-

вісів на базі ІТС різних класів з умов забезпечення гарантованої якості передачі, обробки, зберігання та висвітлення персональних медичних даних з метою їх використання для поновлення стандартних функціональних можливостей людини та надання їй системи медичних послуг. В умовах проходження збройних конфліктів на території країни, важливим є завдання передачі медичної інформації про стан людини на відстані на базі управління передачею та обробкою даних в ІТС віддаленим доступом.

Відповідно, результатом використання телемедичних технологій є підвищення якості медичної послуги та тактичної допомоги у реальному часі (у тому числі освітніх і консультативних), особливо в віддалених районах з нерозвинутою медичною інфраструктурою, а також в умовах розгортання кризових ситуацій.

Досліджуючи термінологію, можна дістати висновку, що існує багато визначень терміну «телемедицина». Так, світові автори визначають телемедицину не як окремий медичний напрям, а як інструмент передавання медичної інформації на відстань для забезпечення віддаленої і мобільної медичної допомоги хворим [1]

Однак, існують і інші міркування вітчизняних та зарубіжних авторів.

**Телемедицина** — це окрема галузь медицини, яка використовує телекомунікаційні і електронні інформаційні технології для забезпечення медичної допомоги на відстані [2]

Вікіпедія дає таке визначення:

**телемедицина** — напрям медицини, заснований на використанні комп'ютерних і телекомунікаційних технологій для обміну медичною інформацією між фахівцями з метою підвищення якості діагностики і лікування конкретних пацієнтів [3].

Така різноманітність пов'язана передусім з широким спектром напрямів телемедицини, які використовуються на практиці. Серед них можна виділити наступні історично основні сфери застосування інформаційно-телекомунікаційних технологій, що склалися в медицині: телемедичні консультації; телеспостереження за пацієнтами; телемедицина надзвичайних ситуацій і катастроф; теленавчання; телехірургія і дистанційне обстеження; військова телемедицина; космічна телемедицина.

### Основні принципи організації ІТС медичного призначення

Згідно проведеного аналізу напрямів використання телемедичних систем, всі види медичної інформації ІТС можна поділити а чотири класи або основні групи:

1. Алфавітно-цифрова.
2. Візуально-графічна (сірошкальна, кольорова, динамічна).
3. Звукова.
4. Комбінована [4].

Крім того, нині існує класифікація основної телемедичної інформації: 1) документи в електронному вигляді; 2) різноманітні знімки; 3) записи електричних сигналів; 4) мультимедійна інформація; 5) інформація в режимі відеоконференції [5].

На сьогодні існує близько сотні різних стандартів, які використовуються для передачі та обробки медичних даних. У більшості випадків, ідеологія формування та використання стандартів — це критеріальний підхід адаптації до технічних характеристик тої, чи іншої ІТС (дротової, бездротової, мішаної тощо), а назви це — аббревіатури груп, організацій або установ, що беруть участь в їх розробці. Відсутність єдиного підходу або стандарту медичної інформації (її накопичення, зберігання, передавання, висвітлення) є — однією з найбільших перешкод до глобалізації і подальшого розвитку інформаційних технологій в медицині.

Існує велика кількість різних стандартів для передавання різних видів медичної інформації, наприклад: ASTM, ASC X12, IEEE/MEDIX, NCPDP, HL7, DICOM тощо. Історично стандарти медичної інформатики, так або інакше, пов'язані з введенням електронної історії хвороби та форми її відображення.

Різні класи стандартів впроваджені з метою: опису базової термінології, яка має бути використана під час діагностики і лікування, інші — формат стандартів протоколів передачі медичних даних (документів і зображень в електронному вигляді, історію хвороби, аналізи тощо), треті — способи організації даних в електронній історії хвороби, четверті — систему розмежування доступу та ідентифікацію користувачів медичної ІТС (медичних працівників і самих пацієнтів до електронної історії хвороби і т. д.).

Кожна група з розробки стандартів має деяку спеціалізацію; так, ASC X12N займається зовнішніми стандартами обміну електронними документами, ASTM, E31.11 — стандартами обміну даними лабораторних тестів, IEEE P1157 — стандартами обміну медичними даними (MEDIX), ACR/NEMA DICOM — стандартами, пов'язаними з обміном зображень, і т. д. [6]

Наведемо найбільш часто використовувані у світі стандарти передавання інформації з урахуванням адаптації до медичних ІТС (рис. 1).

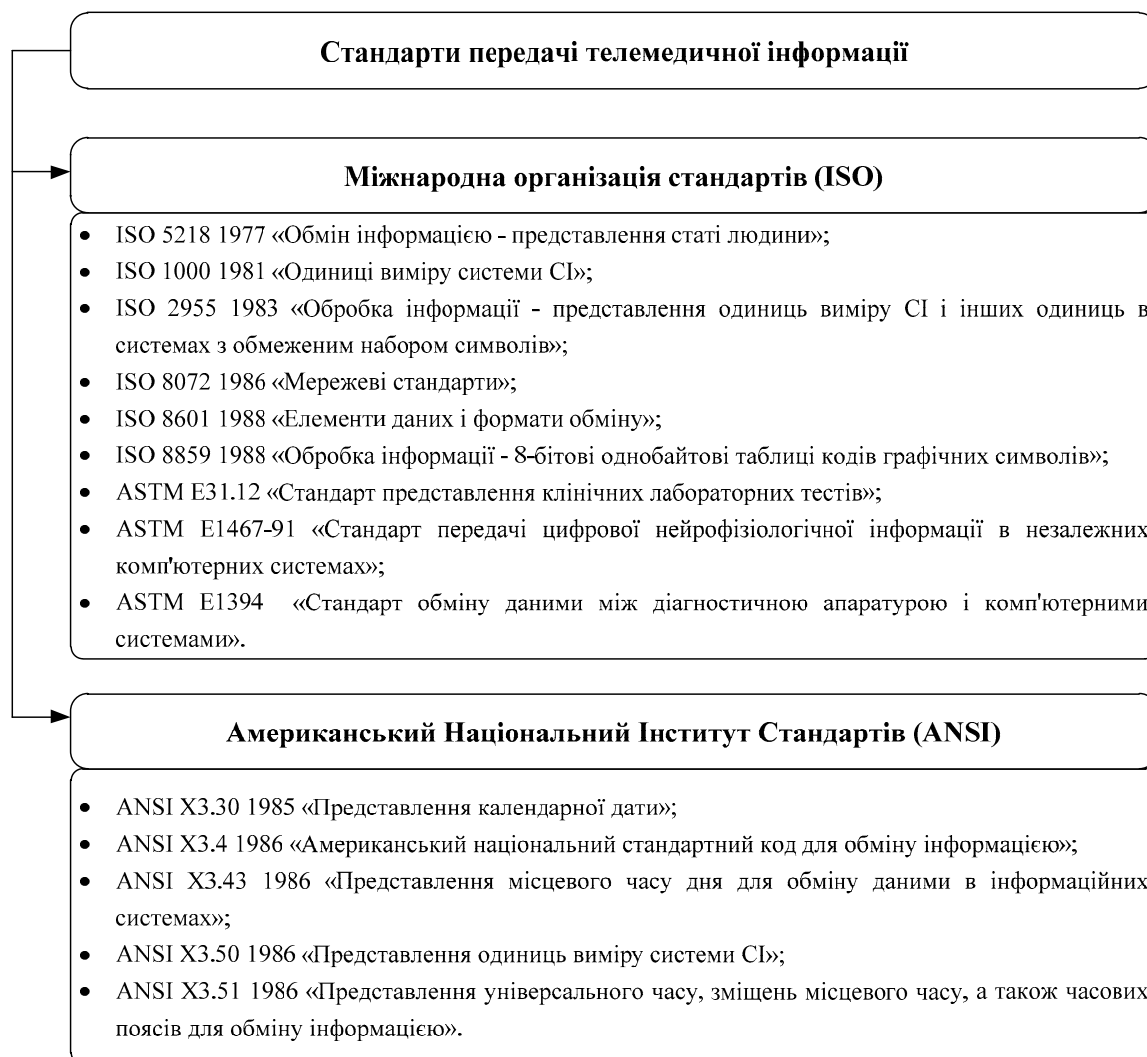


Рис. 1. Стандарти передачі інформації з урахуванням адаптації до медичних ІТС

### Сучасні структурно-логічні моделі та класифікація медичних інформаційно-телекомунікаційних систем.

На сьогодні існує декілька різних класифікацій інформаційно-телекомунікаційних систем медичного призначення. Більшість з них побудовані за принципом функціональних особливостей або сфери застосування, інші — орієнтовані на рівні управління системи охорони здоров'я згідно встановленої управлінсько-організаційної структури.

На основі зазначеного підходу встановлено чотири рівні класифікації сучасних медичних інформаційних систем: 1 — базовий (клінічний) рівень (лікарі різного спрямування та профілю діяльності); 2 — рівень системи установ країни (шпиталі, поліклініки, військові медичні структури, мобільні підрозділи тощо); 3 — локальний рівень медичної системи (профільні і спеціалізовані медичні служби і регіональні органи управління); 4 — регіональний рівень медичної діяльності країни (установи і органи управління) [7].

Грунтуючись на базові структури ІТС медичного призначення, всі системи можна поділити на дві основні групи [8]: системи для видаленого консультування, діагностики і навчання; системи видаленого моніторингу життєвих функцій.

На практиці, ці базові структури можуть мати досить складну топологію, бути наповнені різноманітною функціональністю, а також з'єднуються в мережі з різною мірою вертикальної або горизонтальної ієрархії. Наприклад, канал передавання даних може бути комбінованим (мішаним) і складатися з пристроїв зв'язку, такого як Wi-Fi або/чи мати переходи до комутативних оптоволоконних ліній тощо. Таким чином, базові локальні медичні інформаційні системи можуть бути об'єднані в більш інтегровані ІТС з урахуванням організації різних класичних топологічних схем [9].

Проте, незважаючи на усе різноманіття телемедичних систем, для них характерні типові операції, пов'язані отриманням, обробкою, представленням і передачею інформації.

У загальному вигляді, відповідно до праці [10], структуру, що здійснює обробку і передачу

інформації, медичної інформаційної системи можна подати так (рис. 2).



Рис. 2. Модель інформаційного тракту медичних інформаційно-телекомунікаційних систем

На вхід ІТС медичного призначення, поступає аналоговий сигнал (джерело повідомлення: відео-, аудіо- запис, апаратура діагностування, сканери тощо) з довільного інформаційного джерела різної медичної структури діагностування або статистики. Сигнал підлягає дискретизації з урахуванням частотних характеристик обладнання та мережі, квантується, приймає цифровий вигляд та підлягає завадостійкому кодуванню. Можуть здійснюватися процедури стиску даних або змішані алгоритми — стискання та завадостійкого кодування, залежно від встановлених завдань. Далі сигнал у цифровій формі, подається на пристрій обробки повідомлень з урахуванням стандартних операцій попередньої фільтрації, а також виділяються та підлягають обробці основні характеристики та параметри переданого медичного сигналу.

Зазначені обчислення параметрів та характеристик медичних сигналів, дають можливість сформувати інформаційні потоки, відповідно до їх функціонального призначення і динамічних вад. Устаткування ІТС, у подальшому, виконує процедуру групування інформаційних потоків повідомлення, формує загальний каналний сигнал згідно типу протоколів, що використовується в мережі. Дана інформаційна кодова конструкція, поступає на пристрій завадостійкого кодування та в подальшому у передавальний пристрій де використовується різні типи модуляції на тлі несучої частоти (ВЧ заповнення).

Поширюючись каналом передачі даних, інформаційний сигнал з ВЧ заповненням, спотворюється завадами штучного або природного походження. Зазначені завади мають, як адитивну, так мультиплікативну складову та спотворюють інформаційне повідомлення.

Пристрій декодування сигналу виділяє інформаційну складову з характеристиками джере-

ла повідомлень. Зрозуміло, що передача, обробка, зберігання та висвітлення медичної інформації в умовах надзвичайних ситуацій є важливим науково-практичним завданням.

Враховуючи, що сигнал при передаванні і обробці спотворюється в ІТС, обов'язковим є використання в приймальному пристрої блоків завадостійкого декодування та оптимальної фільтрації.

Ці процеси характеризують ефективність ІТС та її спроможність надавати якісні послуги медичного сервісу в умовах високого рівня завад.

З метою організації системи якісного медичного сервісу на базі ІТС медичного призначення, формуються сучасні канали зв'язку на основі стандартних та спеціальних комунікаційних протоколів передачі даних.

На сьогодні, організація системи зв'язку здійснюється на основі всіх доступних (з технічного погляду) для впровадження типів каналів достатньої пропускної спроможності з урахуванням зростаючих обсягів медичних інформаційних потоків.

Базові типи протоколів транспортного і прикладного рівня, що використовуються для організації сучасних ІТС систем медичного призначення з урахуванням передачі даних на великі відстані: TCP/IP, UDP, DHCP, ARP, FTP, Telnet, HTTP, HTTPS, SOAP і XML [9].

Медична ІТС система, може використовувати для передачі інформації комутативні або без комутативні технології (чи мішані), такі як: Ethernet, Ethernet, Token Ring, ArcNet, Wi - Fi, WiMax, Bluetooth.

Основою формування ІТС медичного призначення є функціональна можливість безпосереднього підключення медичної діагностичної апаратури через порти LAN, IEEE-1394, IEEE-802.11, USB, COM, Bluetooth, S-video, RCA і т. д.

Для передавання медичних даних в ІТС, поширеною є практика застосування мобільних мереж стандарту типу GPRS, а також надається більший вибір засобам передачі, таким як: 3-4G, Bluetooth, Wi-Fi, Ethernet.

Найбільш перспективним підходом для побудови систем передавання медичної інформації, безумовно, є застосування мобільного Інтернету, а також впровадження Bluetooth контролерів для зв'язку з мобільними телефонами (станціями). Сьогодні великого поширення набув зв'язок 3G, а в великих регіональних зонах, активно впроваджується бездротовий доступ четвертого покоління 4G, який дає можливість передавати сигнали високої якості (з частотою дискретизації близько 2000 Гц і якістю до 24 біт) у реальному часі.

З метою вибору технології передачі даних, відповідної для застосування в складі ІТС, проведений огляд існуючих телекомунікаційних технологій і проведено їх оцінювання по наступним параметрам:

- гранична швидкість передачі інформації — визначає загальну можливість (або неможливість) передачі зазначених обсягів даних, що рееструються медичним обладнанням, як портативним так і стаціонарним;

- дальність передачі медичних даних — дана характеристика визначає мінімальну відстань між клієнтами послуг мережі в зазначеному географічному регіоні;

- поширеність технології — визначає можливість масового впровадження розроблених технологій, методів та моделей;

- надійність передачі інформації — визначає ефективність використання ІТС на тлі завад;

- вартість впровадження — визначає ринкову ціну обладнання та її економічну привабливість.

Для наочного порівняння поданих технологій і стандартів доступу до глобальних мереж, зведено в таблицю, що відбиває кількісною та якісною мірою параметри, технічні характеристики сучасних ІТС.

**Порівняння параметрів технологій передавання медичної інформації**

Технологія	Швидкість, біт/с	Дальність	Поширеність	Надійність	Вартість	Мобільність
Dial-Up	<56 к	–	Низька	Низька	Низька	Ні
ADSL	<24 М	–	Висока	Висока	Середня	Ні
Ethernet	<100 М	–	Висока	Висока	Середня	Ні
WiMAX	<75 М	25–80 км	Низька	Висока	Висока	Вище за середнє
Мобільний Інтернет	<100 М	У зоні покриття	Вище за середнє	Середня	Середня	Висока
Супутниковий Інтернет	<16 М	Необмежена	Низька	Висока	Дуже висока	Дуже висока

Аналізуючи наведену таблицю, зрозуміло, що треба визначити технології з високою надійністю і великим радіусом дії, оскільки ці показники більше ніж інших впливають на можливість практичної реалізації. Таким чином, треба виділити технології ADSL, Ethernet і мобільний Інтернет.

Сучасна структура ІТС медичного призначення з врахування бездротових та дротових каналів зв'язку подана на рис. 3.

### Висновки

У даній статті проведено порівняльний аналіз теоретичних основ створення сучасної інформаційно-телекомунікаційної системи медичного призначення, а саме — сфери використання медичних ІТС, видів медичної інформації, структу-

ри та стандартів передачі телемедичної інформації, каналів зв'язку.

На основі проведеного аналізу визначено, що базовою проблемою сучасної теорії і ефективного функціонування ІТС та їх складових телемедичних систем є підвищення рівня завадостійкості каналів передачі даних та, особливо, критичної інформації в умовах впливу як природних завад, так і створюваних супротивником штучних завад в кризових ситуаціях.

Одна з основних концепцій підвищення рівня завадостійкості, полягає розробці сучасних методів та моделей оптимальної фільтрації спрямованої на якісне виділення інформаційного сигналу в умовах малих співвідношень сигнал/шум.

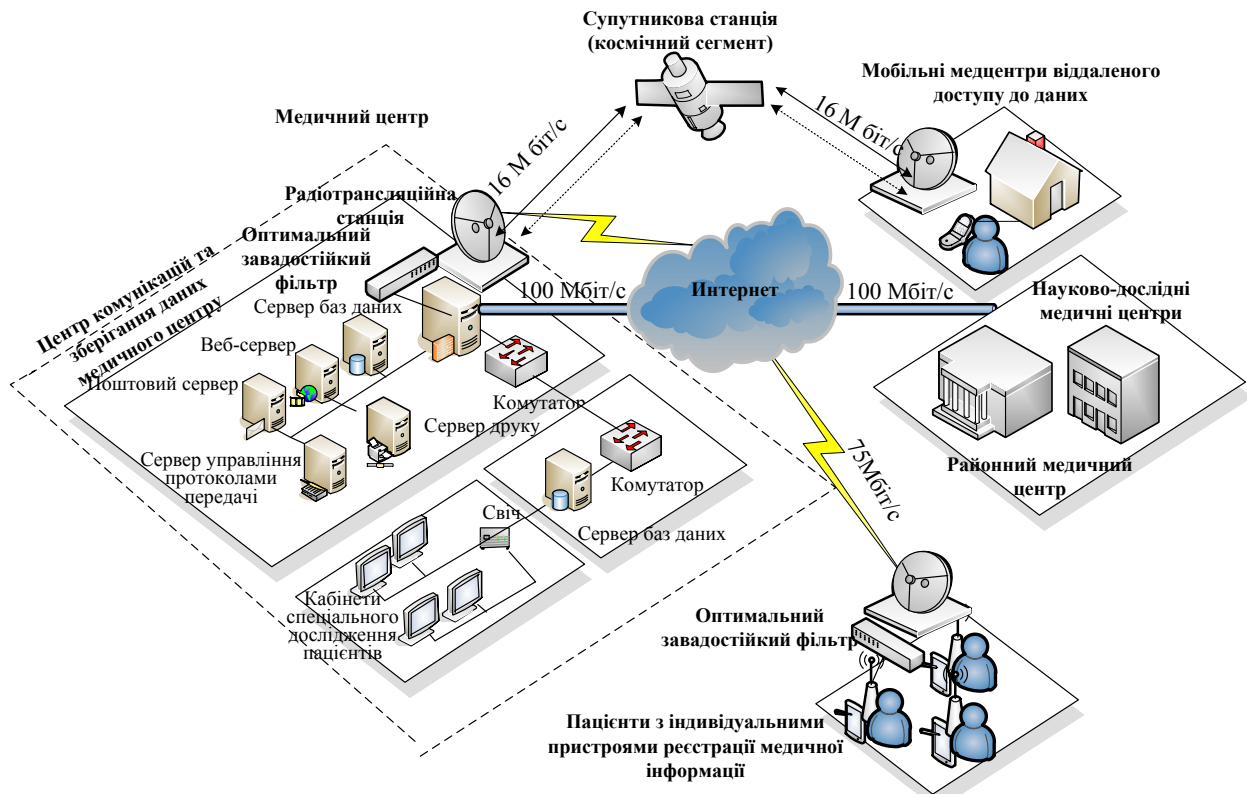


Рис. 3. Структура ІТС медичного призначення з використанням різних каналів передачі

## ЛІТЕРАТУРА

1. Coiera E. Guide to medical informatics, the Internet and telemedicine. — Chapman and Hall Medical, 1997. — 376 p.

2. Владзимирский А. В. Проблема формування термінології в телемедицині / А. В. Владзимирский // Арх. клин. эксп. мед. — Т. 10, № 1. — 2001. — С. 108–112. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [ru.wikipedia.org/wiki/Телемедицина](http://ru.wikipedia.org/wiki/Телемедицина).

3. Лях Ю. Е. Введение в телемедицину. Серия: Очерки биологической и медицинской информатики / Лях Ю. Е., А. В. Владзимирский. — Донецк: ООО Лебедь, 1999. — 102 с.

4. Клиническая телемедицина. — М.: «Слово», 2001. — 144 с

5. Герасевич В. А. Компьютер для врача. Самоучитель / В. А. Герасевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 512 с.

6. Файбушевич А. Г. Применение методов клинической информатики в комплексных исследованиях и лечении больных / А. Г. Файбушевич. — М.: ИПК РУДН.

7. Казаков В. Н. Телемедицина / В. Н. Казаков, В. Г. Климовицкий, А. В. Владзимирский. — Донецк: Типография ООО «Норд», 2002. — 100 с.

8. Конюхов В. Н. Минобороны России / В. Н. Конюхов. — Самара: Самарский гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева, 2012.

9. Новоселов О. Н. Основы теории и расчета информационно-измерительных систем / О. Н. Новоселов, А. Ф. Фомин. — М.: Машиностроение, 1991.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2015