

- Р. Г. Пиотровский, К. Б. Бектаев, А. А. Пиотровская. – М. : Высшая школа, 1977. – 384 с.
23. Шеннон К. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике. – М. : Изд-во иностран. лит., 1963. – 829 с.
24. Колмогоров А. Н. К логическим основам теории информации и теории вероятностей / А. Н. Колмогоров // Проблемы передачи информации и теории вероятностей. 1969. – Т. 5. – № 3. – С.3–7.
25. Колмогоров А. Н. Математическая логика. Дополнительные главы / А. Н. Колмогоров. – М. : МГУ, 1984. – 120 с.
26. Колмогоров А. Н. Об энтропии на единице времени как математическом инварианте автоморфизмов / А. Н. Колмогоров // Доклады АН СССР. – 1959. – Т. 124. – № 4. – С. 754–755.
27. Колмогоров А. Н. Теория информации и теория алгоритмов / А. Н. Колмогоров. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
28. Колмогоров А. Н. Теория передачи информации / А. Н. Колмогоров // Серия АН СССР по научным проблемам автоматизации производства. 15–20 окт. 1956.: Пленар. заседания. – М. : АН СССР. – 1957. – С. 66–69.
29. Колмогоров А. Н. Три подхода к определению понятия “количество информации” / А. Н. Колмогоров // Проблемы передачи информации. – 1965. – Т. 1. Вып. № 1. – С. 3–11.
30. Пиотровский Р. Г. Информационные измерения языка / Р. Г. Пиотровский. – Л. : Наука, 1968.

УДК 004.4

А. Б. Демчук

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем та мереж

КООРДИНАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТИФЛОКОМЕНТУВАННЯ

© Демчук А.Б., 2015

Описано розроблення математичного забезпечення процесу тифлокоментування. Для цього використано теорію координації. Структура координаційної задачі полягає в отриманні глобального розв’язку задачі, який є результатом узгодження розв’язків підзадач між собою. Це є основним критерієм досягнення мети координації багаторівневої інформаційної системи. Координація процесу тифлокоментування – система вибирає місце у відеоконтенті, доступне для начитування тифлокоментарів (відповідних коментарів для осіб з вадами зору, які допомагають їм зрозуміти сюжет відеоконтенту, який в цей час транслюється на екрані), опісля координатор “позначає” ці місця для вставлення тифлокоментарів.

Ключові слова: тифлокоментування, аудіоопис, координація, відеоконтент, інформаційні технології, відеоконтент для осіб з вадами зору.

The development of mathematical support process of typhlocomment is described. To do this, the theory of coordination is used. The structure of the coordination problem is to obtain a global solution to the problem, which is the result of coordination solutions subtasks among themselves, and this is the main criterion for the goal coordinated multilevel system. The coordination process of typhlocomment is when the system chooses to place in the video content available for typhlocomments (comments relevant to people with visual impairments, which give them an understanding of video scene that at any given time is broadcast on the screen), later, coordinator “means” these places for insert typhlocomments.

Key words: typhlocomment, audiodescription, coordination, videocontent, IT, videocontent for sightless.

Вступ

Особа з вадами зору обмежена у своїх можливостях доступу до інформаційних ресурсів, особливо тих, які надходять через зоровий канал сприйняття. Вона змушена компенсувати можливість переглядати будь-який відеоконтент за допомогою інших, здорових аналізаторів –

слуху, дотику, сприйняття. Для завдання доступу до відеоконтенту осіб з вадами зору доцільно найповніше використовувати слуховий канал отримання інформації. Тому тифлокоментування як метод отримання доступу до відеоконтенту для осіб з вадами зору якнайкраще підходить для завдання забезпечення такого контингенту осіб можливістю “переглядати” різні типи відеоконтенту.

Тифлокоментар – це закадровий опис відеоряду, який складає сценарист і начитує тифлокоментатор. Це певний спосіб переглянути відеоконтент людям з повною або частковою втратою можливості бачити. Це коментар різних візуальних елементів – титрів, предметів, жестів, декорацій, важливих моментів, які не озвучують герої або коментатори відеоконтенту. Отже, люди з вадами зору можуть сприймати весь спектр візуальних прийомів, які використовував автор у відеоконтенті [1–3].

Тифлокоментарі повинні начитуватися лише у діалогові паузи або у місцях неістотних для сюжету відеоконтенту реплік. Виникає проблема вибору місця для вставлення тифлокоментарів.

Загальна постановка проблеми

Розробити математичну модель процесу тифлокоментування, використовуючи теорію координації.

Цілі статті

У статті описано математичну модель процесу тифлокоментування. Для цього використано теорію координації (вирішення таких проблем, як моменти втручання, взаємна залежність рівнів, координованість багаторівневої інформаційної системи).

Основна частина

Процес тифлокоментування P є ієрархічним, а саме – з ієрархією шарів. Спрощений варіант цієї ієрархії наведено на рис. 1. Існує дві підсистеми: підсистема верхнього рівня S^0 (тифлокоментування) та нижнього рівня S^1 (вибір місця для вставлення тифлокоментаря). Така ієрархія зумовлює виникнення проблеми взаємодії між рівнями, тобто проблеми координації. Розглянемо детальніше цю проблему.

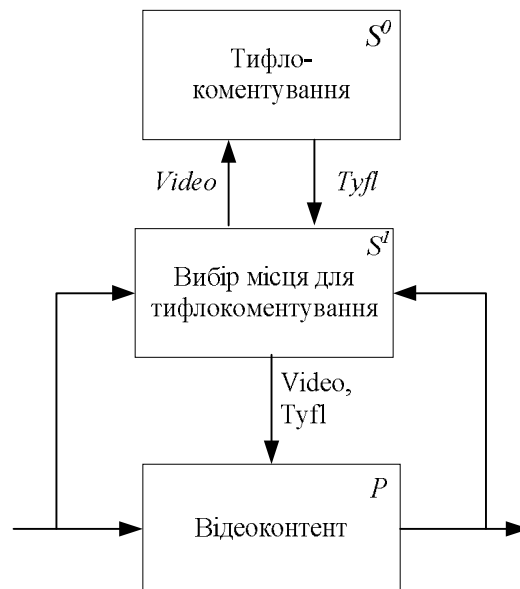


Рис. 1. Ієрархія шарів процесу тифлокоментування

Наведемо основні характеристики, притаманні всім ієрархічним системам.

1. Послідовне вертикальне розміщення підсистем, з яких складається система (вертикальна декомпозиція). Підсистема здійснює перетворення вхідних даних на вихідні. Для нашої системи процес перетворення відбувається в різні моменти часу і в різній послідовності. Розглядаючи

вертикальне розміщення, говоритимемо про елементи верхнього і нижнього рівнів із очевидною інтерпретацією цих термінів.

2. Пріоритет дій або право втручання підсистем верхнього рівня. Вплив підсистем верхніх рівнів на нижні для останніх є обов'язковим, тому таку дію називають втручанням. Для нашої системи пріоритет дій задає послідовність отримання розв'язків на різних рівнях. Зазвичай підзадача на нижчому рівні не визначається у кінцевому вигляді, поки не розв'язана підзадача на вищому рівні.

3. Залежність дій підсистем верхнього рівня від фактичного виконання нижніми рівнями своїх функцій. Хоча втручання скероване зверху вниз, у вигляді видавання наказів чи команд, успішність дій усієї системи і фактично елементів будь-якого рівня залежить від поведінки всіх елементів системи.

Успішність роботи елементів верхнього рівня залежить не тільки від їхніх дій, але й від реакцій підсистем нижніх рівнів. Тому якість роботи всієї системи забезпечується зворотним зв'язком, тобто реакціями на втручання, інформація про які скеровується знизу вверху. Для ефективного використання багаторівневої структури істотно, щоб елементам прийняття рішень була надана деяка свобода у діях. Треба здійснити раціональний розподіл дій для прийняття рішень між елементами різних рівнів. Тільки за такої умови буде виправдано саме існування ієрархії.

Моменти втручання

Підсистема верхнього рівня S^0 (див. рис. 1) може повідомити своє координаційне рішення підсистемі нижчого рівня S^1 в один із двох моментів часу: до того, як вона прийме своє рішення (втручання до прийняття рішення) або після прийняття рішення (втручання після прийняття рішення). Перший спосіб втручання є основним способом координації тому, що у зв'язку із встановленим пріоритетом, дії розв'язування задачі, що підлягають виконанню на рівні нижніх елементів, частково визначені доти, доки не отримані вказівки, що їх конкретизують. Втручання до прийняття рішення ґрунтується на прогнозуванні поведінки системи. S^0 від часу втручання до прийняття рішення визначає функції якості для оцінки дій елементів нижчого рівня, тим самим визначає частку участі кожного з них в процесі розв'язування задачі, заради досягнення успіху всієї системи [5]. Втручання після прийняття рішення справляє на нижні підсистеми такий вплив, який приводить до покращення (з погляду вищої системи) поведінки системи загалом. Роблячи це, підсистема вищого рівня повинна розглядати поведінку всієї системи як динамічну і враховувати можливі наслідки втручання після прийняття рішення для майбутніх результатів. Тоді втручання після прийняття рішення є першим кроком втручання до прийняття рішення для наступного періоду прийняття рішення.

Серед моментів втручання виділимо три спеціальні випадки.

1. Істотна зміна сюжету у відеоконтенті. Тоді необхідно звернутись до верхнього шару з метою вставлення тифлокоментаря.

2. Доволі довго відсутні діалоги. Тоді незрячий не знає, що відбувається. Тоді необхідно звернутись до верхнього шару з метою вставлення тифлокоментаря.

3. За бажанням користувача.

Взаємна залежність рівнів

Якість роботи S^0 залежить від даних нижнього рівня. Для написання тифлокоментаря та його начитування використовується інформація нижчого рівня. У разі втручання до прийняття рішення S^0 має перевагу над елементами нижчого рівня і може дати запит на потрібну йому інформацію.

До факторів, що ускладнюють розв'язання координаційної задачі у загальному випадку, належать такі:

- S^0 може не мати достатньо параметрів координації (не мати достатньо засобів впливу на підсистеми нижчих рівнів); так, тифлокоментар можна вставити лише тоді, коли відсутні діалоги;

- неповнота опису та короткий проміжок вільного часу деякою мірою можуть викликати суперечність (користувач не повністю зрозуміє сюжет фільму);
- міжрівнева функція взаємодії може не існувати або бути немонотонною (як результат недосконалого проекту системи).

Цільова функція, яка відображає якість процесу тифлокоментування, використовується для постановки та розв'язання задачі координації.

Координувальні впливи підсистеми верхнього рівня

Методи впливу на підсистеми нижчих рівнів поділяються на дві категорії.

- Консультативні. S^0 передає підсистемам нижчого рівня певну консультативну інформацію. Найчастіше – це рекомендація вставити у певне місце тифлокоментар.
- Розпорядні. Підсистема верхнього рівня передає компонентам розпорядження, що обов'язково повинні виконуватись. Проте у підсистеми нижнього рівня S^1 залишається певна свобода. Ця свобода відображається у можливості вставляння свого коментаря, хоча підсистема верхнього рівня не рекомендує.

У деяких випадках можливе одночасне використання впливів обох типів.

Залежно від категорії впливів, що використовуються для керування підсистемами нижніх рівнів, одержують задачі, координація яких здійснюється на основі різних принципів. Проте загальний процес координації залишається незмінним. Для координації ієрархічних систем з консультативним впливом слід використовувати принцип прогнозування взаємодії.

Для озвучення відеоконтенту задача нижчих рівнів не розв'язується у кінцевому вигляді доти, доки не отримані координаційні впливи верхнього рівня.

Координаційні сигнали виробляються за допомогою алгоритмів вставляння тифлокоментарів, які відповідають правилам тифлокоментування.

Значна кількість систем, що мають практичну цінність, належать до класу систем, які прийнято називати великими або складними. Керування такими системами є надто складним завданням для одного керівного органу, що має обмежені можливості опрацювання інформації. Тому задачу можна розв'язувати паралельно, тобто загальну задачу керування розділяють на підзадачі, що розв'язують відповідні керівні органи. Таке розбиття задачі керування на підзадачі називається декомпозицією. Важливим моментом декомпозиційного підходу є можливість проведення паралельних обчислень, коли відбувається одночасне розв'язування кількох локальних задач. Останнім часом тенденція розвитку багатопроцесорних машин, а також використання багатомашинних комплексів, на яких можливе проведення паралельних обчислювальних процедур, дає змогу значною мірою використати переваги декомпозиційного підходу.

Декомпозиція задачі керування призводить до проблеми координації. Ця проблема полягає у створенні механізму, що забезпечує погодженість роботи підсистем, які функціонують автономно. Погодженість розуміють як виконання глобальних обмежень і встановлення перед підсистемами цілей, узгоджених з глобальними цілями системи. Для такого погодження ефективніше мати спеціальний координаційний орган, ніж здійснювати безпосередній обмін інформацією між усіма керівними органами, що призводить до збільшення навантаження на кожний керівний орган. Цей координаційний орган має пріоритет перед локальними органами керування, що веде до ієрархічної структури системи керування складними об'єктами.

Багаторівнева система складається з двох рівнів ієрархії. На нижчому рівні містяться підсистеми, що розв'язують окремі підзадачі. Кожна з цих підсистем здійснює вибір тифлокоментаря для своєї частини відеоконтенту, тобто теж складається із ієрархії шарів [4]. На другому рівні міститься координаційна підсистема. Отже, багаторівневу інформаційну систему схематично можна зобразити у вигляді, наведеному на рис. 2.

На рис. 3 показано, як розроблений прикладний програмний комплекс “Audio Editor” визначає місця для вставляння тифлокоментарів (використовується множина параметрів), а координатор запускає модуль начитування коментаря (увімкнення функції запису тифлодоріжки, яка буде накладатися у відповідні місця у звукоряді).

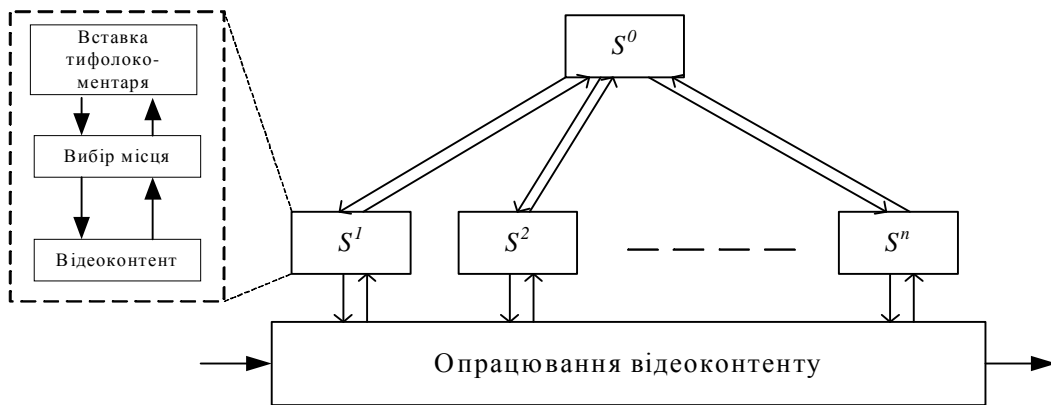


Рис. 2. Функціональна модель багаторівневої системи

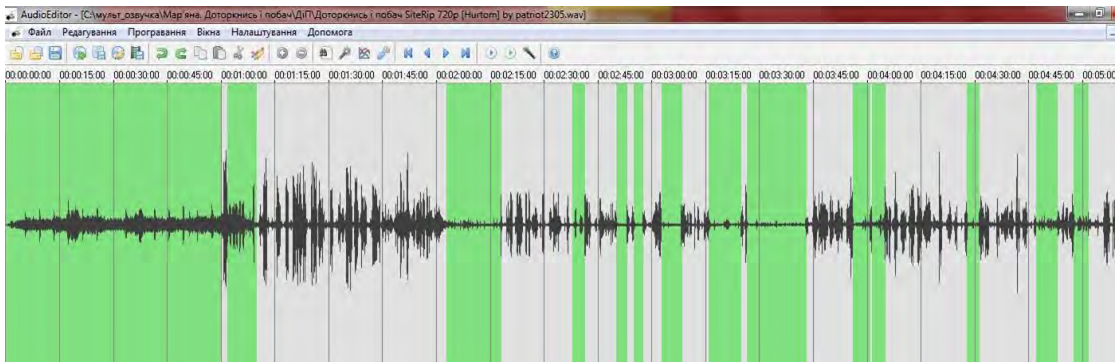


Рис. 3. Координація процесу тифлокоментування

Структура координаційної задачі

Розглянемо загальну структуру задачі координації багаторівневої інформаційної системи.

Цільовою функцією та глобальним критерієм задовільності розв'язку багаторівневої інформаційної системи вважається цільова функція та критерій задовільності розв'язку підсистеми верхнього рівня. Критерій задовільності розв'язку загалом та критерії задовільності її компонент (підсистем) мають таку структуру. Нехай S^k – інформаційна підсистема. Завдання інформаційної підсистеми – здійснити тифлокоментування окремої частини відеоконтенту. Схему процесу розв'язання цієї задачі виразимо формулою

$$p_k = \langle \text{Video}_k \longrightarrow \text{Туfl}_k \rangle \quad (1)$$

З підсистемою S^k пов'язана множина невизначеності Ω^k . Тоді критерій задовільності розв'язку набуде вигляду: необхідно здійснити тифлокоментування так, щоб:

$$g_k(\text{Video}, w) \leq t(w), \quad (4)$$

де g_k – оцінка якості роботи підсистеми S^k , $w \in \Omega^k$.

Основним завданням координації багаторівневої інформаційної системи є координація критеріїв задовільності розв'язків її підсистем з метою знаходження глобального розв'язку задачі.

Нехай P – глобальна задача, p_k її підзадача. Якщо система містить m підсистем, то задачу P формально запишемо у вигляді:

$$P = p_1 \oplus p_2 \oplus \dots \oplus p_m \quad (3)$$

Це означає, що глобальну задачу поділено на m підзадач. Якщо отримано глобальний розв'язок задачі, розв'язки підзадач повинні узгоджуватися із розв'язком глобальної задачі та між собою. Проте у разі незалежного розв'язування підзадач в ітеративному процесі координації багаторівневої інформаційної системи (наприклад, з використанням принципу розв'язування взаємодії) розв'язки підзадач можуть між собою не узгоджуватися. Фактично узгодження розв'язків підзадач між собою і є головним критерієм досягнення мети координації багаторівневої

інформаційної системи. Так, принцип розв'язування взаємодії безпосередньо потребує виконання цього критерію. Принцип прогнозування взаємодії (враховуючи, що прогнозується поведінка компонент інформаційної системи) також ґрунтується на цьому критерії.

Координованість багаторівневої інформаційної системи

Координованість багаторівневої інформаційної системи визначається спеціальними властивостями глобальної та локальної цільових функцій інформаційної системи. Залежно від того, який принцип покладено в основу координації багаторівневої інформаційної системи (розв'язання взаємодії чи прогнозування взаємодії), до цільових функцій ставляться різні вимоги. Координованість багаторівневої інформаційної системи за принципом розв'язання взаємодії потребує безумовної міжрівневої узгодженості цільових функцій підзадач. Координованість з використанням принципу прогнозування вимагає сильнішої умови – обмеженої міжрівневої узгодженості цільових функцій. Очевидно, що в загальному випадку багаторівнева інформаційна система не матиме обмеженої міжрівневої узгодженості, тобто між компонентами інформаційної системи можуть виникати конфлікти інтересів. Усунення таких конфліктів можливе за допомогою делегування деяких повноважень верхньому рівню. Координованість багаторівневої інформаційної системи за принципом розв'язання взаємодії вимагає слабшої умови. Проте принцип передбачає розпорядчий вплив верхнього рівня інформаційної системи на підсистеми нижчих рівнів.

Математична модель процесу координації

Проблему координації в багаторівневій ІС розглядатимемо на прикладі системи із двома рівнями. На рис. 4 наведена блок-схема такої системи. Окремі блоки зображають підсистеми, а їх взаємне розміщення відображає ієрархічну структуру всієї системи. Система має $(m + 2)$ підсистем: керівну верхнього рівня підсистему S^0 , m підсистем нижнього рівня S^1, \dots, S^m і процес розв'язання задачі P . Між підсистемами відбувається вертикальна взаємодія двох видів. Перша – передавання сигналів вниз: від підсистем нижнього рівня S^1, \dots, S^m до процесу розв'язання задачі P та від підсистеми верхнього рівня до підсистем нижнього рівня, які назвемо *координаційними сигналами, або втручаннями*. Другий тип вертикальної взаємодії – це передавання нагору інформаційних сигналів (сигналів оберненого зв'язку) різним керівним системам ієрархії. Ці сигнали зображені на блок-схемі (див. рис. 4) пунктирними лініями.

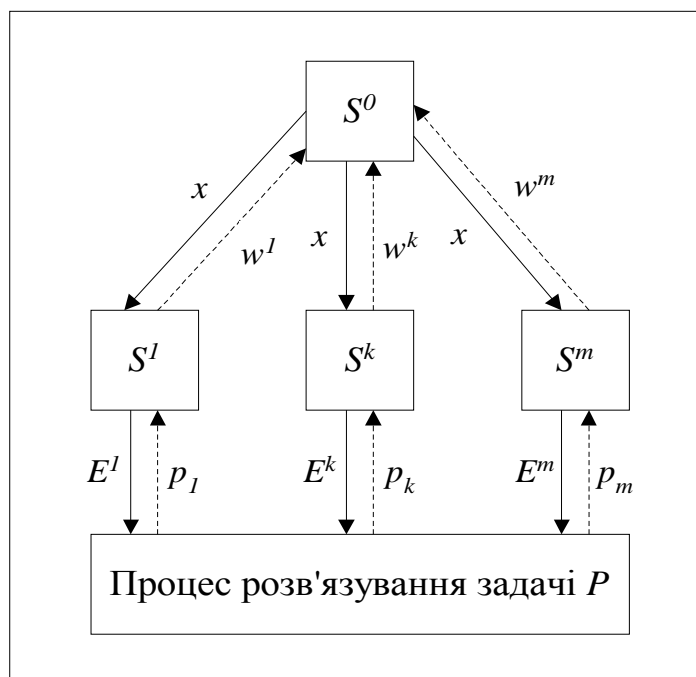


Рис. 4. Блок-схема багаторівневої ІС

Розглянемо процес розв'язування задачі P . Загальний стан інформаційної системи складається із сукупності станів підсистем нижнього рівня $St(j) \in St$ та деяких початкових обмежень (невизначеностей) $w \in \Omega$. Тоді процес P подаватиметься у вигляді відображення:

$$P: St \times \Omega \rightarrow Tyfl. \quad (4)$$

Оскільки є m підсистем нижнього рівня, то множину St подамо у вигляді декартового добутку m множин

$$St = St^1 \times \dots \times St^m, \quad (5)$$

де St^k – множина станів підсистеми S^k .

Розглянемо підсистему S^k . До неї надходять сигнали двох типів: координаційний сигнал x , $x \in X$, що надходить від підсистеми верхнього рівня, та інформаційний сигнал p^k (сигнал оберненого зв'язку), що надходить від процесу розв'язування задачі. Множину X називатимемо множиною координаційних сигналів, а її елементи x відповідно координаційними сигналами, оскільки за допомогою цих сигналів підсистема S^0 діє на підсистеми нижнього рівня S^1, \dots, S^m . Вважатимемо координаційні сигнали $x \in X$ m -вимірними векторами (x^1, \dots, x^m) , так що на вхід k -й підсистемі нижнього рівня надходить тільки k -та компонента x^k .

Підсистему верхнього рівня S^0 називатимемо координатором, оскільки її вихідні сигнали $x \in X$ є координаційними сигналами для систем S^1, \dots, S^m . Підсистема S^0 має один вхід – інформацію w , яку отримують через обернений зв'язок від підсистем нижнього рівня і яка використовується для формування координаційних дій x . Тобто:

$$S^0: W \rightarrow X. \quad (6)$$

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок

У статті описано розроблення математичного забезпечення процесу тифлокоментування. Для цього використано теорію координації, що дало змогу формалізувати побудову відеоконтенту для осіб з вадами зору. Реалізовано застосування цього математичного забезпечення процесу тифлокоментування у програмному комплексі “Audio Editor”, розробленому для розв'язання задачі адаптації відеоконтенту для осіб з вадами зору.

1. Демчук А. Б. Відеоконтент для незрячих: метод тифлокоментування / А. Б. Демчук // *Радіоелектроніка, інформатика, управління: наук. журнал Запорізького нац. техн. університету*. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2014. – № 1(30). – С. 146–149. 2. Демчук А. Б. Підхід до розв'язування задачі вибору тифлокоментатора опису сюжету для людей з вадами зору / А. Б. Демчук, В. В. Литвин // *Інформаційні системи та мережі. Вісник Національного університету “Львівська політехніка”*. – Львів, 2013. – № 770. – С. 138–142. 3. Демчук А. Б. Освітній відеоконтент для людей з вадами зору. Напрацювання та досвід Національного університету “Львівська політехніка” : препринт / А. Б. Демчук, В. В. Литвин. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2013. – 20 с. 4. Демчук А. Б. Багаторівневі інтелектуальні інформаційні системи опрацювання відеоконтенту для осіб з вадами зору / А. Б. Демчук, Р. Вовнянка, М. Я. Голяк // *Інформація, комунікація, суспільство 2014 : матеріали 3-ї Міжнародної наукової конференції ІКС-2014, 21–24 травня 2014 року, Україна, Львів, Славське / Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра соціальних комунікацій та інформаційної діяльності, кафедра інформаційних систем і мереж*. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2014. – С. 168–169. 5. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такаха. – М.: Мир, 1973. – 344 с.