

## AN APPROACH FOR CREATING AN ADAPTIVE MULTIMEDIA LEARNING ENVIRONMENT FOR TRAINING IN INFORMATION TECHNOLOGIES

Evgenia Goranova

‘Angel Kanchev’ University of Ruse – Silistra Branch, Bulgaria, [egoranova@uni-ruse.bg](mailto:egoranova@uni-ruse.bg)

**Abstract:** The relevance of this research results from the experience gained in the creation of a multimedia environment for information and computer technology training, which is constructed from electronic didactic materials in the form of study objects. The school object is the smallest semantic unit of electronic didactic material. This environment fulfills all the functions of education - informing, forming and controlling; uses various semiotic tools - text, graphics, sound, video, animation, simulation of learning activities and provides the user with a high level of interactivity and control. We believe that greater effectiveness in learning with this environment can be achieved if it is designed to take into account the typical learning styles of the 'digital generation'. After exploring a wide variety of cognitive styles, we have chosen the 'polar-dependence polar-independence' bicognitive style, on the basis of which the environment is constructed as adaptive because it adapts the presentation of the learning content for each individual student according to his or hers individual status, learning needs and style. In pursuit of the right approach to designing an adaptive multimedia environment, we have conducted a number of studies related to: defining the concept of adaptive and adaptable learning environment; possible cognitive styles for adapting the learning environment at the macro level; defining indicators for measuring the manifestation of typical cognitive styles; defining the characteristics of the students exhibiting bicontrast cognitive styles "polar-dependent and polar-independent"; selection of appropriate copyright tools for creating e-learning objects out of which to build the multimedia environment. Based on these studies, we have generated an approach to achieve static adaptivity of the macro-level multimedia environment, dynamic adaptability of the micro-level environment, and constructive building of individual learning trajectories for each individual. We believe that a multimedia information technologies training environment based on these studies would lead to a maximum training effectiveness and to a successful implementation of constructivist principles for active transformation of learning resources and their spontaneous sharing with other participants in training - classmates and teachers.

**Keywords:** adaptivity and adaptability of the multimedia learning environment, individual learning trajectory

## ПОДХОД ЗА СЪЗДАВАНЕ НА АДАПТИВНА МУЛТИМЕДИЙНА СРЕДА ЗА ОБУЧЕНИЕ ПО ИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Евгения Горанова

Русенски университет „Ангел Кънчев”, Филиал Силистра, [egoranova@uni-ruse.bg](mailto:egoranova@uni-ruse.bg)

**Резюме:** Актуалността на настоящото изследване произтича от натрупания опит в създаването на мултимедийна среда за обучение по информационни и компютърни технологии, която е изградена от електронни дидактически материали под формата на учебни обекти. Учебният обект е най-малката смислова единица от електронния дидактически материал. Тази среда изпълнява всички функции на обучението - информираща, формираща и контролна; използва различни семиотични средства - текст, графика, звук, видео, анимация, симулация на учебни дейности и предоставя на потребителя високо ниво на интерактивност и контрол. Ние считаме, че по-висока ефективност от обучението с нея може да се постигне, ако при конструирането ѝ се вземат предвид типичните стилове на учене на „дигиталното поколение“. След изследване на голямото разнообразие на когнитивни стилове ние сме избрали бикогнитивния стил „полево-зависимост полево-независимост“, на базата на който среда се изгражда като *адаптивна*, защото адаптира представянето на учебното съдържание за всеки индивидуален учащ, съобразно с неговия индивидуален статус, нужди и стил на учене. В търсена на верния подход за конструирането на адаптивна мултимедийна среда ние сме провели редица изследвания свързани със: дефинирането на понятието адаптивна и адаптируема среда за обучение; възможни когнитивни стилове за адаптиране на обучителната среда на макро-ниво; дефиниране на показатели за измерване на проявлението на типичните когнитивни стилове; определяне на характеристиките на учениците проявяващи биконтрастните когнитивни стилове „полево-зависим и полево-независим“; избор на подходящи авторски средства за създаване на електронни учебни обекти, от които да се изгради мултимедийната среда. На базата на тези изследвания сме генерирали подход за постигане на статична адаптивност на мултимедийната среда на макро-ниво, динамична

адаптируемост на средата на микро-ниво и конструктивистко изграждане на индивидуална траектория на учене на всеки индивид. Считаме, че конструираната на базата на тези изследвания мултимедийна среда за обучение по учебния предмет информационни технологии би довела до максимална ефективност на обучението и до успешно приложение на конструктивистките принципи за активно преобразуване на учебните ресурси и спонтанното им споделяне с другите участници в обучението - съученици и преподаватели.

**Ключови думи:** Адаптивност и адаптируемост на мултимедийната среда, индивидуална траектория на учене.

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Почти две десетилетия Информационните технологии са самостоятелен учебен предмет и са интегрирани в обучението по всички останали учебни предмети в българското образование. Бързото развитие на компютърните и операционни системи и масовото използване на дигитална техника в ежедневието, създадоха така нареченото „дигитално поколение“. „Дигиталното поколение“ (Prensky, 2001) има своите специфики при възприемането и обработката на информацията. Заради тях и поради необходимостта от „учене през целия живот“ се появиха феномени като „електронно обучение“, „смесено обучение“, „мобилно обучение“ и обучение в „мултимедийни среди“. В стремежа си да обучава „дигиталното поколение“ с „дигитални методики“ научната общност насочи усилията си към създаване на такива среди и към търсене на тяхната максимална ефективност.

Актуалността на настоящото изследване произтича от натрупания опит в създаването на мултимедийна среда за обучение по информационни и компютърни технологии и в търсенето на по-висока ефективност от обучението с нея, която да се постигне с отчитане на типичните стиловете на учене на „дигиталното поколение“ при конструирането ѝ. Такава среда се определя като **адаптивна**, защото предлага диференцирано обучение спрямо спецификата на когнитивните стилове на обучаваните.

## 2. АДАПТИВНА МУЛТИМЕДИЙНА СРЕДА

За да се реализира единство на преподаването и ученето по учебния предмет Информационни технологии, което да отговаря на потребностите на „дигиталното поколение“, ние сме създали интегрирана мултимедийна среда за обучение, която по-нататък ще наричаме само мултимедийна среда (ММС). Тя изпълнява всички функции на обучението - информираща, формираща и контролна; използва различни семиотични средства - текст, графика, звук, видео, анимация, симулация на учебни дейности и предоставя на потребителя високо ниво на интерактивност и контрол (Горанова, 2014).

ММС е приложение, съставено от електронни дидактически материали. „Електронните дидактически материали са създадени с образователна цел, публикувани са в цифрова форма и са достъпни с компютър“, а учебният обект е „най-малката смислова единица от електронния дидактически материал“ (Nokelainen, 2006). Учебният обект е „всяко нещо (entity) цифрово или нецифрово, което може да бъде използвано, повторно използвано или реферирано в процеса на технологично поддържано обучение“ (IEEE LTSC, 2019). В търсене на по-висока ефективност на обучението с такава среда, ние сме провели изследвания за това как средата да се усъвършенства като адаптивна спрямо когнитивните стилове на учениците, и как на практика чрез нея би се реализирало адаптивно обучение.

Развитието на информационните и комуникационните технологии и появата на електронното обучение стават основа за изграждане на обучителни среди, които да се *нагаждат* към индивидуалните характеристики на обучаемите. Тази насока на развитие е породена от факта, че персонализацията на обучението е предпоставка за неговата ефективност и за намаляване на когнитивното натоварване (Горанова, 2015).

Първоначално адаптивното обучение се прилага при компютърно базираното обучение (Modritscher et al., 2004; Тупаров & Дурева, 2008), в което се прилагат четири подхода:

- Макро-адаптивен подход на обучение, при който адаптацията е на макро-ниво и позволява избора на различни алтернативи в основни компоненти като цели на обучението, изразени в достигнати нива от структурата на учебния план.
- Взаимодействие по отношение на способностите – този подход предлага използването на различни медии за различните обучаеми в зависимост от характерния им стил на учене, предварителни знания, мотивация и др.
- Микро-адаптивен подход – основава се на определянето на специфичните учебни потребности на обучаемия по време на самото обучение и осигурява предписание на ученето на базата на тези потребности.

- Конструктивисткият подход осигурява съвместни учебни дейности в група и адаптацията при него е насочена към индивида като член на групата.

Адаптивното обучение е методология, при която периодично се идентифицират характеристиките на обучаемия - знанията, стил на учене, след което се конфигурира специфично за нуждите на обучаемия множество от учебни ресурси, дейности и оценяване, което подпомага по-доброто усвояване на новите знания. Формираната конфигурация очертава индивидуалната „образователна траектория“ на обучавания (Терзиева и др., 2017).

Повечето автори (Triantafillou et al., 2003; Tzu-Chi Yang et al., 2012; Тупаров, 2007) изграждат адаптивни системи за обучение, като се основават на различията в стила на учене и когнитивния стил на обучаемите.

В други разработки (Brusilovsky, 2012; Терзиева и др., 2017) откриваме, че адаптивността може да се разглежда на две нива - статична адаптация и динамична адаптация. Статичната адаптация е насочена към група обучавани на етапа на подготовка на учебните материали. Динамичната адаптация се осъществява като изменение на съдържанието, формите на представяне на учебно-методичните материали и цялостното управление на адаптивността на системата по отношение на всеки обучаван. Това означава, че адаптивността се генерира както на нивото на предварителна подготовка на учебните обекти за включването им в средата за обучение, така и на нивото на експлоатация на тази среда – като се осигурят допълнителни учебни обекти, които да формират индивидуалния път за учене на обучавания.

Относно осигуряването на адаптивност на тези нива пишат и други автори. Oppermann и Milicevic (Opperman et al., 1997; Milicevic et al., 2017) дефинират два ключови термина: адаптивност и адаптируемост на средите за обучение. Адаптивност (adaptivity) е поведение, при което се извършва автоматично адаптиране на базата на резултатите и действията на потребителя. Промените в системата, ръководеща учебния процес, се осъществяват чрез набор от предварително дефинирани правила. Адаптируемост (adaptability) е поведение, при което потребителят прави промени ръчно и взема решения относно учебния процес, като сам персонализира пътят си на учене.

Към нивото на адаптивност на интерактивното адаптивно обучение в средните училища Глушкова съотнася две поднива „елементарното и статичното“, а на нивото на адаптируемост - „динамично“ (Глушкова, 2014).

Близко до тези изводи е и разработката на Кюркчиев, който счита, че средите за адаптивно електронно обучение, могат да се усъвършенстват, като им се осигури добавяне на нови инструменти, налични в облачните среди, с цел „масшабируемост и постепенна миграция към по-нови технологии“ (Кюркчиев, 2019).

Тези нови технологии са свързани с т.н. web 2.0 среди и техните инструментите за създаване на дигитални образователни обекти.

Използването на тези среди и инструменти води до създаването на автентичен учебен опит за учениците, обогатява конструктивисткия подход, свързан с онлайн обучението в дигитални среди и насърчават „умения за мислене от по-висок ред“ (Войноховска, 2020).

За да изградим адаптивност на ММС съобразно когнитивните стилове, в редица наши изследвания ние сме проучили различните стилове на учене, съотнесли сме ги към спецификата на учебния предмет Информационни технологии и на тази основа сме избрали когнитивен стил, подходящ за адаптиране на ММС на макро-ниво (Goranova & Popandonova-Zhelyazova, 2015; Goranova et al., 2016 a; Goranova et al., 2016 б).

Известно е, че „стилът на учене е композиция от познавателни, афективни и психологически характеристики, които са сравнително стабилни индикатори за това, как учащият се възприема взаимодействия със, и отговаря на учебната окръжаваща среда“. В това определение е включено понятието „когнитивен стил“ като „характерен начин на обработка на информацията от човека – перцепция, мислене, памет и решаване на проблеми“ (Griggs, 1991).

Известни са около 70 теории относно стила на учене и когнитивния стил (Михова, 2002; Иванов, 2004; Тупаров & Дурева, 2008). Анализирайки голяма част от добре познатите теории и модели, ние сме се спрели на модела „полево-зависимост полево-независимост“ на Ramirez-Castaneda (пак там). Известно е, че този модел е биполярен и се отнася до перцепцията – начина на възприемане на информацията. В други наши разработки (Goranova et al., 2016 б) сме обособили характеристиките на „полево-зависимите и полево-независимите“ ученици, като сме взели предвид разработките на Ramirez-Castaneda и сме ги допълнили с нови показатели, отнасящи се не само до възприемането на информацията, но и до нейната преработка. С тази **добавена от нас стойност** бикогнитивния стил „полево-зависимост полево-независимост“ в настоящото изследване се отнася както до възприемането на информацията, така и до нейната преработката от учениците.

В Таблица 1 са изведени показателите за изследване на когнитивния стил „полево-зависим полево-независим“ по раннищата на познавателните дейности.

| <b>Таблица 1. Показатели за изследване на проявлението на полево-зависим и полево-независим когнитивен стил</b> |                                                                                  |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Равнища на познавателната дейност</b>                                                                        | <b>Показатели за определяне на полевата-зависимост или полевата-независимост</b> |                      |
| <b>Възприемане на информацията</b>                                                                              | <b>Перцепция</b>                                                                 | усещане              |
|                                                                                                                 |                                                                                  | възприятие           |
|                                                                                                                 |                                                                                  | представа            |
|                                                                                                                 |                                                                                  | разбиране            |
|                                                                                                                 |                                                                                  | обяснение            |
| <b>Преработване на информацията</b>                                                                             | <b>Мислене</b>                                                                   | конкретно мислене    |
|                                                                                                                 |                                                                                  | абстрактно мислене   |
|                                                                                                                 |                                                                                  | емпирично обобщение  |
|                                                                                                                 |                                                                                  | теоретично обобщение |
|                                                                                                                 | <b>Памет</b>                                                                     | краткосрочна         |
|                                                                                                                 |                                                                                  | оперативна           |
|                                                                                                                 |                                                                                  | дългосрочна          |
|                                                                                                                 | <b>Практика (решаване на проблеми)</b>                                           | навици               |
|                                                                                                                 |                                                                                  | умения               |
|                                                                                                                 |                                                                                  | компетенции          |

На базата на тези показатели чрез изследователски методи анкета и наблюдение сме изследвали проявлението на когнитивните стилове „полево-зависим“ и „полево-независим“ при обучението с ММС. Установили сме, че при обучението с ММС повече от 70% от учениците проявяват „полево-независим когнитивен стил“. Дефинирали сме и характеристиките на учениците, проявяващи двата когнитивни стила (показани в Таблица 2). С тези характеристики разработчиците на електронни учебни обекти трябва да се съобразяват, за да може средата да се изгради като адаптивна.

| <b>Таблица 2. Характеристики на учениците, проявяващи полево-зависим и полево-независим когнитивен стил</b> |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                             | <b>Полево-зависим стил</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>Полево-независим стил</b>                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>ВЪЗПРИЕМАНЕ</b>                                                                                          | <p>✓ възприемат информацията за обекти и операции като я свързват с цветове и форми;</p> <p>✓ предпочетат текстова и аудио информация и се стремят към последователността от елементите на операцията, като я свързват с познати неща;</p> | <p>✓ възприемат информацията за обекти и операции като я свързват с поведението и предназначението им;</p> <p>✓ предпочитат визуална информация и се стремят към резултата на операцията;</p>                                                                      |
|                                                                                                             | <p>✓ предпочитат индуктивното обяснение и стъпковата демонстрацията;</p> <p>✓ предпочитат теоретична информация и я обработват абстрактно с доминиране на детайлите;</p>                                                                   | <p>✓ предпочитат дедуктивното обяснение и глобалната концептуализацията;</p> <p>✓ предпочитат конкретна информация и я обработват рефлексивно с доминиране на общото;</p>                                                                                          |
| <b>ПРЕРАБОТКА</b>                                                                                           | <p>✓ извършват обобщения на базата на описания и приоритети;</p> <p>✓ базират се на наблюдение при решаването на проблеми;</p> <p>✓ нуждаят се от външен референт при реконструиране на информацията.</p>                                  | <p>✓ извършват обобщения на базата на цел и резултат;</p> <p>✓ базират се на предишен опит и могат да формулират нов учебен проблем;</p> <p>✓ способни са на активен анализ, сами определят нови цели и развиват собствени учебни стратегии за постигането им.</p> |
|                                                                                                             | <p>✓ по-бързо забравят трудните операции;</p> <p>✓ по-бавно активират оперативна памет;</p> <p>✓ влияят се от положителни емоции при архивирането в дългосрочната памет;</p>                                                               | <p>✓ краткосрочната и дългосрочната им памет е „по-услужлива“, а оперативната по-бърза</p>                                                                                                                                                                         |

|                                      |   |                                                         |   |                                                  |
|--------------------------------------|---|---------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------|
|                                      | т |                                                         |   |                                                  |
| п<br>р<br>а<br>к<br>т<br>и<br>к<br>а | ✓ | работят осмислено и методично;                          | ✓ | навиците изпълняват автоматизирано;              |
|                                      | ✓ | предпочитат разнообразни задачи с ясна цел и алгоритъм; | ✓ | предпочитат задачи с нарастваща сложност;        |
|                                      | ✓ | в обратната връзка търсят самоконтрол;                  | ✓ | в обратната връзка търсят причините за грешките; |
|                                      | ✓ | в нови учебни ситуации имат нужда от подкрепа.          | ✓ | творчески подхождат към проблемите.              |
|                                      |   |                                                         |   |                                                  |
|                                      |   |                                                         |   |                                                  |
|                                      |   |                                                         |   |                                                  |
|                                      |   |                                                         |   |                                                  |

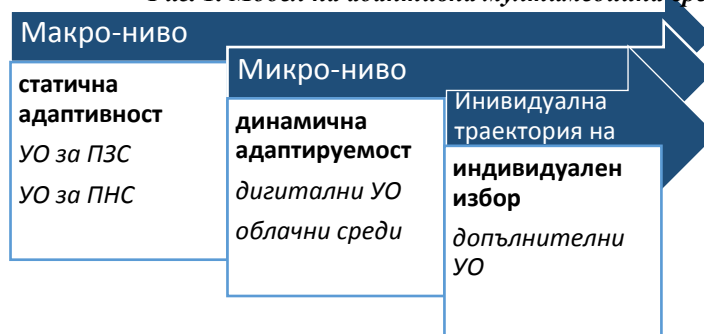
### 3. ПОДХОД ЗА СЪЗДАВАНЕ НА АДАПТИВНА МУЛТИМЕДИЙНА СРЕДА

Изследвайки възможностите за изграждане на адаптивна ММС по модела *Modritscher et. al.*, може да се констатира, че :

- макро-адаптивният подход е приложим относно постигане на еднакви целите на учебните програми, а **алтернативните подходи** за постигането им се свеждат до използване на учебни обекти, подходящи за типичните когнитивни стилове „полево-зависим” и „полево-независим“;
- използването на различни медии за различните обучаеми може да осигури **взаимодействие** на ММС и **способностите** на обучаваните;
- микро-адаптивен подход, съобразно **специфичните потребности** на обучаемия по време на самото обучение, може да се осигури с допълнителни учебни обекти, подпомагащи смесеното обучение, налични в облачното пространство, като - презентации, тестове, видеофайлове, QR кодове разположени на електронни справочници и др. (Горанова, 2020).
- конструкторският подход може да се реализира чрез **споделяне** на допълнителните учебни обекти в облачното пространство между обучаваните и другите участници в обучението – съученици и преподаватели.

Тогава един възможен подход за изграждане на адаптивна мултимедийна среда за обучение по информационни технологии може да бъде представен чрез схемата от Фиг. 1. На макро-ниво е осигурена статична адаптивност още на етапа на проектиране на мултимедийната среда, като се създават учебни обекти (УО) подходящи за двата контрастни стила полево-зависим (ПЗС) или полево-независим (ПНС). На микро-ниво се създава динамична адаптируемост чрез допълнителни дигитални учебни обекти, създадени и разположени в облачните среди. Индивидуалната траектория на учене на всеки индивид се формира чрез избор на заложената адаптивност на макро-ниво и от предложената адаптируемост на микро-ниво.

Фиг. 1. Модел на адаптивна мултимедийна среда



### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изграждането на адаптивна мултимедийна среда за обучение по Информационни технологии се базира на приложението на два контрастни когнитивни стила – „полево-зависим“ и „полево-независим“, на базата на които на статично макро-ниво средата може да се изгради като адаптивна. Създаването на допълнителни учебни обекти, локализирани в облачните среди, позволява на микро-ниво да се постигне динамична адаптируемост на ММС. Индивидуалният избор на учебни обекти отговарящи на характеристиките на „полево-зависимия“ или „полево-независимия“ когнитивен стил и допълнителни учебни обекти от облачните пространства ще формира индивидуалната траектория на учене на всеки индивид. Така ще се постигне по-добра ефективност на обучението по Информационни технологии и успешно приложение на



конструктивистките принципи за активно преобразуване на учебните ресурси и спонтанното им споделяне с другите участници в обучението - съученици и преподаватели.

## ЛИТЕРАТУРА

- Войноховска, В. (2020). *Рефлексивен модел за преподаване на компютърно моделиране в началния етап на обучение*. Русе, Медиатех, Плевен
- Глушкова, Т. (2014). Среди и модели за интерактивно адаптивно обучение в средните училища. *International Conference FROM DELC TO VELSPACE, Plovdiv, стр. 26–28*
- Горанова, Евг. (2014). Модел за обучение по информационни технологии в мултимедийна среда. *Автореферат*, Русе
- Горанова, Евг. (2015). Педагогически и ергономичен подход при разработване на мултимедийна среда за обучение по компютърни науки. *Математика и информатика*, 3, стр. 279-289
- Горанова, Евг. (2020). *Изследване на възможностите за създаване на адаптивна мултимедийна среда за обучение по информационни технологии*. Русе, РИТТ, Силистра
- Иванов, Ив. (2004). *Стилове на познание и учене. Теории. Диагностика на етнически и полови вариации в България*. Шумен
- Кюркчиев, В. (2019). Инструменти за адаптивно електронно обучение, *автореферат*, ПУ „Паисий Хилендарски“, Пловдив
- Михова, М. (2002). *Преподаването и ученето. Теории. Стилове. Модели*. АСТАРТА
- Терзиева, Т., Евг., Ангелова, & Арнаудова, В. (2017). Дидактически проблеми при реализиране на адаптивно електронно обучение, *Научни трудове на Съюза на учените в България – Пловдив. Серия В. Техника и технологии, т. XIV*
- Тупаров, Г. (2007). Модул за изследване на стиловете на учене в LMS Moodle. *Национален семинар за електронно обучение*.
- Тупаров, Г., & Дурева, Д. (2008). *Електронно обучение. Технологии и модели*. Университетско издателство "Неофит Рилски"
- Brusilovsky, P. (2012) Adaptive Hypermedia for Education and Training. In: *Adaptive Technologies for Training and Education*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 46–68.
- Griggs, Shirley (1991). Learning Style Counseling. *ERIC Digest*.
- Goranova, E., & Popandonova-Zhelyazova, E. (2015). Research on the Possibilities for Creating an Adaptive Multimedia Teaching Environment in Information Technologies, IN: *ICERI 2015*, pp. 265-270
- Goranova, E., V. Voinohovska, & Rusev, R. (2016 a). Researching the Cognitive Styles of Students Trained in Informational Technologies through Multimedia Learning Environment. IN: *EDULEARN 2016*, pp. 7188-7196
- Goranova, E., V. Voinohovska, & Tsankov, Sv. (2016 б). Analysis of the Results of Measuring the Polar-dependent and Polar-independent Cognitive Style in Training Pupils in Information Technologies through Multimedia Learning Environment. IN: *EDULEARN 2016*, pp.7209-7214
- IEEE LTSC, (2019). Retrieved from URL: <http://www.ieeeltsc.org>
- Milicevic, A., Vesin, B., Ivanovic, M., Budimac, Z., & Jain, L. (2017). E-Learning Systems: Intelligent Techniques for Personalization, *Springer*
- Modritscher, F., Garcia-Barrios, V., & Gutll, C. (2004). Enhancement of SCORM to support adaptive E-Learning with the Scope of the Research Project AdeLE. In *proceedings of E-Learn*
- Nokelainen, P. (2006). An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students. *Educational Technology & Society*, 9 (2), 178-197
- Oppermann, R., Rashev, R., & Kinshuk, A., (1997). Adaptability and adaptivity in learning systems, In A. Behrooz, editor, *Knowledge Transfer, Vol. II*, 1997, pp.173–179.
- Prensky, M.(2001). *Digital Natives, Digital Immigrants*, MCB University Press, Vol. 9 No. 5
- Triantafyllou, E., Pomportsis, A., & Demetriadis, S. (2003). The design and the formative evaluation of an adaptive educational system based on cognitive styles. *Computers & Education* 41, pp. 87–103
- Tzu-Chi Y., Gwo-Jen, H., & Jen-Hwa, Y. (2012). Development of an Adaptive Learning System with Multiple Perspectives based on Students' Learning Styles and Cognitive Styles, *Educational Technology & Society*, 16 (4), 185–200