

Stanisław Szablowski

**EFEKTYWNOŚĆ DYDAKTYCZNA
UCZENIA SIĘ – NAUCZANIA ELEKTROTECHNIKI
W WIRTUALNYM LABORATORIUM**

**DIDACTIC EFFECTIVENESS
OF ELECTRICAL ENGINEERING
TEACHING/LEARNING IN THE VIRTUAL LAB**

Słowa kluczowe: efektywność dydaktyczna, symulacja komputerowa, kształcenie zawodowe
Keywords: didactic effectiveness, computer simulation, vocational training

Streszczenie

W opracowaniu opisano problematykę efektywności dydaktycznej procesów uczenia się i nauczania przedmiotów elektrycznych wspomaganych symulacją komputerową w szkołach zawodowych. Przeprowadzone przez autora badania oceniły poziom efektywności dydaktycznej, a także wyjaśniły mechanizmy występujące w procesach symulacyjnego uczenia się. Hipotezy badawcze sprawdzono na drodze próby eksperymentalnej wg planu qE Solomona z rotacją. Badania empiryczne potwierdziły większość hipotez. Ich wyniki są obiecujące i zachęcają do powszechnego włączenia symulacji komputerowych do metod pracy nauczycieli i uczniów w szkołach zawodowych. Wprowadzenie do kształcenia zawodowego symulacji komputerowych jest uzasadnione, gdyż podwyższa jego efektywność w zakresie zrozumienia wiedzy, umiejętności i technicznych zdolności poznawczych uczniów. Symulacja komputerowa jest metodą uczenia się – nauczania przedmiotów elektrycznych o dużych walorach pedagogicznych. W świetle wyników badań twórcze rozwiązywanie problemów stanowi największe wartości pedagogiczne symulacyjnego uczenia się.

Summary

This paper describes the problems of the didactic effectiveness of teaching/learning of electrical engineering subjects assisted by computer simulation in vocational schools. The study conducted by the author has evaluated the level of educational performance as well as explained the mechanisms occurring in the processes of simulation learning. The research hypotheses were tested through experimental tests by Solomon qE plan of rotation. The empirical studies have confirmed most of the hypotheses. Their results are promising and encourage the widespread integration of computer simulation methods for teachers and students in vocational schools. It is therefore justified to introduce computer simulation into vocational training as it improves its effectiveness in understanding the knowledge, technical skills and cognitive abilities of students. Computer simulation is a learning – teaching method of high educational values. According to the results, creative problem solving is of the greatest educational value as far as simulation learning is concerned.

Wprowadzenie

Współczesną dydaktykę interesują szczególnie systemy kształcenia wspomagane technologią informacyjną. Znaczenie stosowania technologii informacyjnej istotnie wzrasta, szczególnie w obszarach kształcenia technicznego, w których następują szybkie zmiany techniczne i technologiczne. Właśnie w tych obszarach, zwłaszcza technologia sieciowa (e-learning) umożliwia bardzo szybką modernizację i aktualizację treści kształcenia. Pozwala także prezentować je w przystępnej dla ucznia, multimedialnej obudowie dydaktycznej, np. w postaci animacji, symulacji komputerowych i wirtualnych laboratoriów¹. Zajęcia lekcyjne wspomagane technologią informacyjną są ciekawą metodą przyswajania wiedzy przez uczniów m.in. dlatego, że wykorzystują komputer będący narzędziem znanym młodzieży i ciągle efektywnym dydaktycznie. Oparte na multimediami uczenie się przedmiotów zawodowych jest atrakcyjne i interesujące wizualnie, kojarzy się z przyjemnościami i zabawą, a nie tradycyjną nauką szkolną, która postrzegana jest przez uczących się jako zajęcie mało interesujące, bądź nudne. Współczesne systemy dydaktyczne pozwalają uczniom na wejście w bezpośrednią i indywidualną interakcję z komputerem oraz pozyskanie na bieżąco informacji zwrotnej o efektach uczenia się.

Komputerowe wspomaganie uczenia się – nauczania przedmiotów technicznych w szkołach zawodowych jest obecnie powszechne i obowiązkowe, wskazywane w programach nauczania. Procesy kształcenia w zakresie kierunków technicznych wymagają określonych, wysokich standardów wyposażenia dydaktycznego – nowych urządzeń i oprogramowania, łącznie z wykorzystaniem multimedialnych metod (symulacji komputerowych) samodzielnego i interakcyjnego nauczania – uczenia się. Klasycznym przykładem w tym zakresie jest edukacja mechatroniczna. W edukacji zawodowej rozpowszechnione są współcześnie nowe formy kształcenia praktycznego, jakimi są firmy symulacyjne. Metodyka stosowania edukacyjnych programów komputerowych w szkołach technicznych zakłada analizę celów i treści przedmiotów nauczania i wyboru metody przekazywania tych treści. Po dokonaniu analiz okazać się może, że nie ma potrzeby stosowania w pewnych sytuacjach dydaktycznych programów komputerowych.

Funkcje pełnione przez komputery w procesie edukacyjnym związane są z różnymi aspektami działań dydaktycznych. B. Siemieniecki wymienia następujące funkcje, które w kształceniu mogą pełnić komputery:

¹ S. Szablowski, *Wirtualne laboratorium w dydaktyce mechatroniki [w:] Modelowanie i symulacje komputerowe. Problemy teorii i praktyki*, red. A. Piecuch, W. Furmanek, Wyd. UR, Rzeszów 2010.

- przekaz treści programowych;
- wizualizacja materiału nauczania;
- sprawdzanie poziomu osiągnięć uczniów;
- monitorowanie procesu kształcenia;
- stymulowanie do działań twórczych;
- wspieranie procesu samodzielnego rozwiązywania zadań;
- symulowanie zjawisk i procesów rzeczywistych;
- wspieranie procesu rozwiązywania problemów².

W literaturze przedmiotu istnieją bogate opracowania, które ukazują cele, treści i walory kształcenia informacyjnego oraz obszary zastosowań programów komputerowych w dydaktyce. Autorzy opracowań opisują korzyści i oczekiwania wynikające z zastosowań programów komputerowych również w dydaktyce przedmiotów zawodowych. Zdaniem pedagogów, komputerowe programy edukacyjne powinny pobudzać aktywność intelektualną ucznia i stymulować do działań twórczych. Tak rozumiane zadania programów komputerowych sprawiają, że stają się one konstruktywistycznymi narzędziami poznawczymi i spełniają istotną rolę w rozwijaniu umiejętności kognitywnych. Komputerowe narzędzia poznawcze wywołują u uczniów taki sposób gromadzenia wiedzy, który odpowiada ich sposobowi rozumowania i pojmowania wiadomości. Rozwiązywanie problemów technicznych za pomocą komputera oparte na koncepcji konstruktywistycznej stwarza uczącym się duże możliwości dla rozwoju własnej inwencji twórczej i sprzyja podejmowaniu samodzielnym działań³.

Znaczącą grupę komputerowych programów edukacyjnych w szkolnictwie zawodowym stanowią pakiety symulacyjne, które tworzą wirtualne laboratoria. W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój opracowań wykorzystujących metody symulacji i różnorodne ich zastosowania w badaniach naukowych, technice i pedagogice. Współczesne metody symulacyjne wykorzystują komputery i związaną z nimi symulację komputerową, która w nauce XXI wieku uzupełnia teorię i eksperyment.

Analiza literatury wskazuje, że zastosowanie w procesie kształcenia edukacyjnych programów komputerowych prowadzi do uzyskania przez uczących się lepszych efektów dydaktycznych. Jako przykład, warto zasygnalizować wyniki w zakresie badania efektywności uczenia się przez symulację komputerową w laboratorium elektronicznym, uzyskane przez J.R. Bourne'a, A.J. Brodersena,

² B. Siemieniecki, *Edukacja humanistyczna i komputery* [w:] J. Gajda, S. Juszczyk, B. Siemieniecki, K. Wenta, *Edukacja medialna*, Multimedialna Biblioteka Pedagogiczna, Wyd. A. Marszałek, Toruń 2002, s. 164.

³ B. Siemieniecki, *Komputer w edukacji, podstawowe problemy technologii informacyjnej*, Wyd. A. Marszałek, Toruń 1997, s. 89–90.

J.O. Campbella, i P.J. Mostermana⁴. Badacze ci przeprowadzili eksperyment pedagogiczny, w którym wzięli udział studenci różnych uniwersytetów technicznych. Wyniki eksperymentu potwierdziły wysoką efektywność symulacyjnego uczenia się elektroniki. Studenci uczący się za pomocą programów symulacyjnych uzyskali wyższe efekty w zakresie wiedzy i umiejętności zarówno teoretycznych, jak i praktycznych od studentów, którzy nie wykorzystywali oprogramowania symulacyjnego. Badania empiryczne wykazały dużą przydatność laboratorium wirtualnego w kształceniu inżynierów i dostarczyły wiele sugestii do zmian w dydaktyce elektroniki szkoły wyższej⁵.

Odrębne badania dotyczące efektywności uczenia się przedmiotów elektrycznych wspomaganego symulacją komputerową w szkołach zawodowych⁶ prowadził autor niniejszego opracowania. Zdecydowana większość hipotez została poprzez badania empiryczne potwierdzona. W świetle wyników badań uzasadnione jest stwierdzenie, że uczenie się – nauczanie przedmiotów elektrycznych wspomaganego symulacją komputerową jest efektywniejsze dydaktycznie od nauczania metodą tradycyjną bez wspomaganego komputerowego. W dalszej części rozważań zaprezentowano problematykę efektywności dydaktycznej kształcenia elektryków poprzez oprogramowanie symulacyjne.

Koncepcja teoretyczna efektywności dydaktycznej

Jednym z ważniejszych problemów badawczych w pedagogice jest pytanie o efektywność kształcenia. Dokonujące się w kraju przemiany społeczne i gospodarcze oraz integracja z Unią Europejską, stawiają przed systemem kształcenia nowe i coraz wyższe wymagania. Wysoka efektywność kształcenia wpływa na wzrost gospodarczy, konkurencyjność gospodarki i stanowi kryterium jakości teorii pedagogicznych. W takich warunkach badanie efektywności kształcenia ma swoje uzasadnienie społeczne szczególnie, gdy reformie podlega także szkolnictwo zawodowe. Procesy edukacji ulegają ciągłym zmianom, co wymusza wprowadzanie reform, modyfikację metod uczenia się – nauczania, określania wskaźników efektywności, prowadzenia pomiarów. Proces dydaktyczny jest procesem dynamicznym. Zmianom podlegają warunki, w których przebiega. Określenie efektywności dydaktycznej należy do zadań metrologii dydaktycznej.

⁴ J.R. Bourne, A.J. Brodersen, J.O. Campbell, P.J. Mosterman, *The Effectiveness of Learning Simulations for Electronics Laboratories*, „Journal of Engineering Education”, Vol. 91, 1, s. 81–87, 2002, <http://msdl.cs.mcgill.ca/people/mosterman/papers/eed00/p.html>.

⁵ *Ibidem*.

⁶ S. Szablowski, *Efektywność wspomaganego symulacją komputerową uczenia się-nauczania przedmiotów elektrycznych w szkołach zawodowych*, UAM, Poznań 2005.

Definiowanie i badanie efektywności kształcenia dokonuje się na różnych płaszczyznach i dotyczy ono życia społecznego, ekonomicznego i gospodarczego. Służy ono optymalizacji procesu kształcenia. Efektywność kształcenia jest zjawiskiem wielowymiarowym, wielopłaszczyznowym i interdyscyplinarnym. W literaturze wyróżnia się wewnętrzną (szkolną) i zewnętrzną (pozaszkolną) efektywność kształcenia. Efektywność wewnętrzna dotyczy procesu dydaktycznego, zaś efektywność zewnętrzna odnosi się do absolwenta szkoły zawodowej, jego przydatności w zawodzie i umiejętności właściwego zachowania się na rynku pracy.

Bliższego sprecyzowania wymaga samo pojęcie *efektywność dydaktyczna* oraz sposób jej pomiaru. W literaturze pedagogicznej określanie pojęcia i badanie efektywności dydaktycznej jest przedmiotem zainteresowań wielu autorów, którzy różnie interpretują to zagadnienie. Dydaktycy zajmujący się problematyką efektywności stwierdzają, że efektywność kształcenia jest uwarunkowana szeregiem czynników systemu dydaktyczno-wychowawczego. Pośród zmiennymi procesu dydaktyczno-wychowawczego istnieją ściśle współzależności. Występuje w nim przede wszystkim uczenie się i nauczanie. Centralnymi elementami procesu kształcenia, rozpatrywanego w ujęciu systemowym, są nauczyciel i uczeń. Konstruktywistycznie pojmowany proces kształcenia wysuwa na plan pierwszy tworzenie nowej wiedzy przez ucznia, a organizowanie odbioru wiadomości i kierowanie procesem ich przetwarzania pozostawia nauczycielowi. Wynikiem tego procesu są określone wyniki uczenia się – nauczania, które są predyktorem efektywności kształcenia, a efektywność dydaktyczną można przedstawić za pomocą wskaźnika liczbowego uzyskanego z pomiarów, opisującego efekty procesu dydaktycznego. Wyniki kształcenia są więc głównym przejawem efektywności dydaktycznej.

Zdaniem K. Denka⁷ efektywną jakością procesu kształcenia wyraża zespół pozytywnych cech tego procesu, działań sensownych i optymalnych, a jednocześnie społecznie i ekonomicznie uzasadnionych, przynoszących najlepsze rezultaty w postaci wyników w nauce, które obejmują wiedzę, umiejętności, nawyki, zainteresowania, zdolności poznawcze, motywów, przekonanie i przyzwyczajenie do ustawicznego kształcenia. Efektywność jest pojęciem wielowymiarowym, a ponadto rozmaicie ujmowanym, co sprawia, że w metodologii badań tej kategorii panuje swoisty pluralizm⁸. Dokonana analiza literatury w zakresie problematyki efektywności umożliwiła zawężenie jej treści do kilku wskaźników. Dla potrzeb badań przyjęto na podstawie rozważań K. Denka⁹, że efektywność dy-

⁷ K. Denek, *Nowe paradygmaty pomiaru efektywności kształcenia w szkolnictwie zawodowym*, „Pedagogika Pracy” 20/2, 1992, s. 41.

⁸ *Ibidem*, s. 47.

⁹ *Ibidem*, s. 41.

daktyczna jest syntetycznym wskaźnikiem jakości procesu kształcenia w zakresie przyswojenia przez uczniów nowych wiadomości, ich zrozumienia, sprawności posługiwania się wiedzą w typowych i nowych sytuacjach oraz zachodzących zmian w psychice uczących się.

Taka definicja oznacza, że pytanie o efektywność dydaktyczną może być zastąpione pytaniami o wyniki nauczania – uczenia się, jak również o zmiany w psychice wychowanków. Nie sposób pominąć jeszcze jednego czynnika determinującego efektywność kształcenia symulacyjnego. Były nim również komputerowe programy symulacyjne, tworzące wirtualne laboratorium elektryczne. Przy uwzględnieniu specyfiki prac badawczych efektywność kształcenia wspomaganego symulacją komputerową wyznaczyły przede wszystkim następujące predyktory:

- przyswojenie i zrozumienie wiedzy zawodowej (wiedza);
- nabycie umiejętności rozwiązywania problemów zawodowych (umiejętności);
- rozwój dyspozycji poznawczych – intelektu technicznego (intelekt);
- wzrost zainteresowań określoną dziedziną techniki (zainteresowania);
- akceptacja metody uczenia się (akceptacja).

Efektywność procesu kształcenia symulacyjnego, zdefiniowaną według powyższych założeń, należy rozumieć jako zależność funkcyjną od wiedzy, umiejętności, intelektu, zainteresowań, akceptacji i środowiska dydaktycznego w postaci wirtualnego laboratorium elektrycznego. Tak rozumiana efektywność pedagogiczna podkreśla w szczególności znaczenie procesów intelektualnych, zachodzących w trakcie uczenia się wspieranego symulacją komputerową. Wyznacznikiem efektywności metody symulacyjnej stały się obok wiadomości i umiejętności, również techniczne zdolności poznawcze ucznia szkoły zawodowej.

Przyjęte założenia metodologiczne wyznaczyły strategię pomiaru efektywności uczenia się – nauczania przedmiotów elektrycznych, wspomaganego symulacją komputerową, przez dobór odpowiednich metod, technik i narzędzi badań. Pomiar wskaźników zmiennych funkcyjnych efektywności dydaktycznej jako zmiennej zależnej globalnej pozwolił na ich ocenę, a także na poznanie struktury wiedzy, umiejętności zawodowych i intelektu technicznego uczniów. Wynikami pomiarów efektywności dydaktycznej były wskaźniki liczbowe, określające rezultaty kształcenia, które stanowiły dane do analizy statystycznej oraz potwierdzenia bądź odrzucenia hipotez.

Efektywność dydaktyczna jako przedmiot badań – problemy i hipotezy badawcze

Główny problem badawczy (PG) sformułowano następująco:

Czy i w jakim stopniu uczenie się – nauczanie przedmiotów elektrycznych w szkołach zawodowych wspomaganie symulacją komputerową jest bardziej efektywne dydaktycznie od kształcenia wspieranego metodami tradycyjnymi?

W zapisie problemu głównego występuje pojęcie *metody tradycyjne*, przez które należy rozumieć uczenie się – nauczanie problemowe bez wspomagania komputerowego, a dokładniej klasyczną metodę problemową.

Adekwatnie do problemu głównego określono następujące problemy szczegółowe:

P1: Czy i na ile metoda symulacji komputerowej rozwija twórcze myślenie techniczne uczniów specyficzne dla poznawania zjawisk elektrycznych?

P2: Czy i w jakim zakresie oraz jakie rodzaje wyobraźni technicznej uczniów rozwijają się w wyniku zastosowanej metody uczenia się?

P3: Czy i w jakim stopniu zastosowana metoda nauczania – uczenia się wpływa na rozumienie obwodów elektrycznych i elektronicznych przez uczniów szkół zawodowych?

P4: Jak lekcje prowadzone metodą symulacji komputerowej wpływają na zmianę zainteresowań uczniów elektrotechniką i elektroniką?

P5: Czy uczenie się wspomagane symulacją komputerową jest pozytywnie akceptowane przez uczniów, a przez to czy rozwija motywację uczniów do uczenia się przedmiotów elektrycznych?

Problemy badawcze P1, P2, P3 są pytaniami o zmiany zachodzące w funkcjach intelektu technicznego: myśleniu technicznym, wyobraźni technicznej i rozumieniu. Problem P4 jest pytaniem o zmianę poziomu zainteresowań elektrotechnicznych uczniów. Zainteresowania techniczne są cechą kierunkową osobowości, wektorem ukierunkowanych uzdolnień, a szczególnie intelektu do zajmowania się poznawaniem i rozwiązywaniem twórczych zadań technicznych. Problemy P4 i P5 są problemami diagnostycznymi.

Badanie wymienionych problemów szczegółowych wiąże się z uwzględnieniem faktu, że rozwój wyróżnionych zdolności poznawczych uczniów możliwy jest na bazie określonych wiadomości. Ich zapamiętanie, i zrozumienie warunkuje także rozwój umiejętności ich stosowania w sytuacjach typowych oraz problemowych związanych z poznawanymi zjawiskami elektrycznymi.

Stąd dalszymi problemami szczegółowymi badań są także problemy następujące:

P6: Czy dzięki wspomaganemu symulacjami komputerowymi uczeniu się i nauczaniu przedmiotów elektrycznych przez uczniów szkół zawodowych nastąpi znaczący przyrost wiedzy i jej zrozumienia?

P7: Czy uczniowie rozwiną umiejętności stosowania poznanych wiadomości w typowych i nietypowych sytuacjach zawodowych elektryków?

W oparciu o przesłanki teoretyczne, literaturę i praktyczne doświadczenia dydaktyczne autora sformułowano następującą główną hipotezę roboczą:

Stosowanie w uczeniu się – nauczaniu przedmiotów elektrycznych metod symulacji komputerowej jest efektywniejsze dydaktycznie od kształcenia wspie-

ranego metodami tradycyjnymi, ponieważ umożliwiła uczącym się pełniejsze przyswojenie wiedzy, sprawniejsze posługiwanie się wiedzą oraz rozwija intelekt techniczny wychowanków.

Adekwatne do problemów szczegółowych są następujące hipotezy szczegółowe:

H1: Można przypuszczać, że w wyniku uczenia się wspomaganego symulacją komputerową wzrasta w znacznym stopniu poziom twórczego myślenia technicznego uczniów.

H2: Można przypuszczać, że zastosowana metoda uczenia się – nauczania przedmiotów elektrycznych rozwija wyobraźnię techniczną uczniów w zakresie: wyobraźni kinetycznej, konstrukcyjnej i symboli języka graficznego.

H3: Można przypuszczać, że metoda symulacji komputerowej ułatwia w dużym stopniu rozumienie przez uczniów zjawisk zachodzących w obwodach elektrycznych i elektronicznych oraz rozumienie przez nich struktury i funkcji elementów obwodu.

H4: Można przypuszczać, że pod wpływem uczenia się wspomaganego symulacją komputerową występuje znaczny wzrost zainteresowania treściami kształcenia oraz kształtuje się pozytywny stosunek ucznia do przedmiotu nauczania.

H5: Można przypuszczać, że symulacja komputerowa, jako metoda uczenia się przedmiotów elektrycznych, jest pozytywnie akceptowana przez uczniów.

H6: Można przypuszczać, że pod wpływem uczenia się wspomaganego symulacją komputerową nastąpi statystycznie istotny przyrost wiadomości i wzrośnie poziom zrozumienia poznawanych przez uczniów zjawisk.

H7: Można przypuszczać, że pod wpływem uczenia się wspomaganego symulacją komputerową uczniowie rozwiną umiejętności intelektualne, służące rozwiązywaniu zadań w sytuacjach typowych i nietypowych.

Trafny dobór metod, technik i narzędzi badań łączył się z celami badawczymi, problemami, hipotezami roboczymi i dokonаныmi założeniami metodologicznymi. Uwzględniono przy tym trzy kategorie pojęć proceduralnych. Procedura badań wynikała z problemów i hipotez badawczych oraz wymagała precyzyjnego dobrania metod, technik i narzędzi badawczych.

Badania przeprowadzono według planu qE znanego w metodologii pod nazwą planu Solomona w wersji z rotacją. Rotacja grup została wprowadzona jako świadoma modyfikacja planu Solomona. Miała ona na celu ograniczenie negatywnych skutków braku randomizacji grup badawczych. W trakcie badań każda grupa była grupą eksperymentalną i kontrolną. Autor zastosował w prezentowanej pracy wiele różnych, wzajemnie uzupełniających się metod, technik i narzędzi badań. Ich wielość rokowała nadzieję na uzyskanie rzetelnych i wartościowych wyników badań. Nadała też prowadzonym badaniom charakter badań polimetodycznych.

Wnioski z badań empirycznych

Odniesienia do przyjętych hipotez:

- Uczenie się – nauczanie przedmiotów elektrycznych wspomaganie symulacją komputerową jest bardziej efektywne dydaktycznie od kształcenia wspieranego metodami tradycyjnymi, ponieważ umożliwia uczącym się pełniejsze przyswojenie wiedzy, sprawniejsze posługiwanie się wiedzą oraz rozwija intelekt techniczny wychowanków (hipoteza główna HG).

Istotnym wskaźnikiem syntetycznym wyznaczonej efektywności kształcenia symulacyjnego jest procentowy wskaźnik dydaktyczny WD, którego wartość wyniosła 26,6%. Porównanie efektywności dydaktycznych uczenia się metodą symulacji komputerowej i metodą tradycyjną za pomocą wskaźnika WD pozwala stwierdzić, że uczenie się poprzez symulację komputerową jest efektywniejsze od uczenia się tradycyjnego średnio o 26,6%. Cechą charakterystyczną uczenia się metodą symulacji komputerowej jest lepszy niż w przypadku uczenia się tradycyjnego rozwój zrozumienia wiedzy, zastosowania wiedzy w sytuacjach typowych i nietypowych oraz rozwój intelektu technicznego. Efektywność dydaktyczna została zdefiniowana w założeniach metodologicznych także jako funkcja zmiennych *zainteresowania* i *akceptacja*, dla których nie określono wskaźników przyrostowych. Wyniki badań dowiodły, że poziomy wskaźników tych zmiennych przyjęły wysokie wartości z zakresu zgodności pozytywnej, a więc wniosły one dodatni, lecz niewymierny wpływ na poziom obliczonej efektywności kształcenia symulacyjnego.

- W wyniku uczenia się wspomaganego symulacją komputerową wzrasta w znacznym stopniu poziom twórczego myślenia technicznego (hipoteza H1).
- Zastosowana metoda uczenia – nauczania się przedmiotów elektrycznych rozwinęła wyobraźnię techniczną w zakresie: wyobraźni kinetycznej i konstrukcyjnej w przedmiotach elektrycznych. Nie stwierdzono takiego rozwoju w zakresie wyobraźni znaków i symboli (hipoteza H2).

Badania empiryczne oraz przeprowadzone analizy – statystyczna i jakościowa wykazały, że procesy psychiczne: myślenie, wyobraźnia, rozumienie wzajemnie łączą się i uzupełniają. Wyobraźnia pełni służebną rolę w myśleniu, a w rozumieniu zjawisk, struktur, funkcji obiektów technicznych występuje myślenie syntetyczne określane jako zrozumienie. Wyniki badań empirycznych w zakresie rozwoju procesów poznawczych, przedstawione przez autora pracy są zbieżne z wnioskami teoretycznych i praktycznych analiz psychologicznych intelektu technicznego przeprowadzonych przez E. Franusa¹⁰, że istnieje istotna zależność pomiędzy trzema składnikami intelektu technicznego. Globalne wyni-

¹⁰ E. Franus, *Wielkie funkcje technicznego intelektu. Struktura uzdolnień technicznych*, Wyd. UJ, Kraków 2000.

ki obliczeń podkreślają ponownie bardzo ważną rolę wyobraźni w procesach myślenia i rozumienia przez uczniów zjawisk elektrycznych.

- Metoda symulacji komputerowej ułatwia w dużym stopniu rozumienie zjawisk zachodzących w obwodach elektrycznych, elektronicznych oraz rozumienie struktury i funkcji elementów obwodu (hipoteza H3).
- Pod wpływem uczenia się wspomaganego symulacją komputerową występuje znaczne zainteresowanie uczniów treściami kształcenia oraz kształtuje się pozytywny stosunek ucznia do przedmiotu nauczania (hipoteza H4).
- Symulacja komputerowa, jako metoda uczenia się przedmiotów elektrycznych, jest pozytywnie akceptowana przez uczniów (hipoteza H5).
- Pod wpływem uczenia się wspomaganego symulacją komputerową następuje wzrost poziomu zrozumienia poznawanych przez uczniów zjawisk elektrycznych. Nie stwierdzono natomiast takiej zależności w zakresie wiadomości (hipoteza H6).
- Pod wpływem uczenia się wspomaganego symulacją komputerową uczniowie rozwijają umiejętności intelektualne, służące rozwiązywaniu zadań w sytuacjach typowych i nietypowych (hipoteza H7).

Przeprowadzona analiza procesów poznawczych wykazała, że uczenie się wspomagane symulacją komputerową stymulowało wzrost zarówno ilościowy i jakościowy czynności psychicznych takich jak myślenie techniczne połączone z wyobraźnią, a także rozumienie zjawisk elektrycznych i struktur obwodów.

- Uczniowie, którzy w trakcie lekcji z przedmiotów zawodowych nie korzystali z programów symulacyjnych, uzyskali niższe wyniki w nauce od uczniów stosujących metody symulacji komputerowej. Zależność taka dotyczy wszystkich hipotez.

Przedstawione w pracy badawczej wyniki oraz powyższe wnioski pozwoliły na ustalenie następujących wniosków natury ogólnej, które można – zdaniem autora – odnieść do procesu kształcenia zawodowego w szkołach technicznych.

- Wyniki przeprowadzonej próby eksperymentalnej, mimo że nie była ona stosowana na szeroką skalę, są obiecujące i zachęcają do powszechnego włączenia symulacji komputerowych do metod pracy nauczycieli i uczniów w średnich szkołach zawodowych. Przeprowadzone badania upoważniają do stwierdzenia, że wprowadzenie do kształcenia zawodowego symulacji komputerowych jest uzasadnione, gdyż podwyższa jego efektywność w zakresie zrozumienia wiedzy, umiejętności i technicznych zdolności poznawczych uczniów.
- Lekcje z przedmiotów zawodowych wspierane symulacją komputerową stymulują aktywność twórczą, rozwijają techniczny potencjał intelektualny uczniów szkół zawodowych i zwiększają zainteresowanie określoną dziedziną techniki. Są one powszechnie akceptowane przez uczących się. Znacząca symulacja rozwoju procesów poznawczych występuje podczas uczenia się opar-

tego na modelu konstruktywistycznym. W takim modelu uczenia się symulacyjnego należy upatrywać źródeł wszelkich sukcesów dydaktycznych ucznia i nauczyciela. Zastosowanie metod symulacyjnych sprawia, że przedmioty zawodowe mogą być postrzegane przez uczniów jako interesujące, ważne, nowoczesne i interdyscyplinarne.

- Symulacja komputerowa jest metodą uczenia się – nauczania przedmiotów technicznych o dużych walorach pedagogicznych. Trzeba wskazać symulację komputerową jako naturalne środowisko dydaktyczne, w którym uczniowie mogą zrealizować swoje twórcze działania poprzez rozwiązywanie problemów eksperymentalnych.

Największe efekty dydaktyczne uzyskano w zakresie rozwoju twórczego myślenia technicznego i umiejętności rozwiązywania zadań w sytuacjach nietypowych. W świetle wyników badań twórcze rozwiązywanie problemów stanowi największe wartości pedagogiczne symulacyjnego uczenia się. Warto w tym kontekście zasygnalizować obawy, że w polskiej rzeczywistości edukacyjnej nie ma wiele miejsca na rozwijanie twórczości uczniów. Praktyka pedagogiczna autora dowodzi, że w nowym tysiącleciu, większość szkół zawodowych wcale nie rozwija twórczości, a wręcz ją tłumi. W procesach rozwiązywania problemów często nie uwzględnia się myślenia dywergencyjnego – promuje się myślenie konwergencyjne – ogranicza się i hamuje w ten sposób kreatywność uczniów. W praktyce szkolnej rzadko stosuje się testy dydaktyczne sprawdzające myślenie twórcze. Wygląda na to, że trudno jest przełamać niektórym nauczycielom pewne utarte stereotypy w stosowaniu nawet aktywizujących metod kształcenia.

- W strukturze intelektu technicznego dominującą rolę zajmuje wyobraźnia techniczna. Pełni ona służebną rolę zarówno wobec myślenia twórczego jak i rozumienia. Rozwijanie wyobraźni technicznej przez uczenie się wspomaganie symulacją komputerową powinno być istotnym komponentem kształcenia technicznego w szkołach zawodowych, bowiem programy symulacyjne odgrywają szczególnie pozytywną rolę w rozwijaniu wyobraźni technicznej.
- Modelowanie i symulacja rzeczywistości stanowią dobre warunki pracy dla uczniów przeciętnych i słabszych, przyczyniając się tym samym do łagodzenia ich niepowodzeń edukacyjnych w zakresie treści kształcenia. Symulacja komputerowa pozwala na zróżnicowanie tempa indywidualnej pracy eksperymentalnej oraz pomaga w stopniowaniu trudności treści kształcenia.

Badania udowodniły, że w laboratorium wirtualnym uczniowie przeciętni i słabsi mogą z powodzeniem stosować w uczeniu się metody zbliżone do pracy badawczej. Symulacyjna metoda uczenia się elektrotechniki okazała się szczególnie efektywna w przypadku, gdy uczący się nie posiadali dużych umiejętności z zakresu matematyki stosowanej. Połączenie rozumienia matematycznego zjawisk z symulacją komputerową pozwoliło uzyskać w procesie uczenia się

większy poziom zrozumienia abstrakcyjnych struktur elektrotechniki. Wspieranie rozwoju procesów intelektualnych uczniów słabych za pomocą symulacji komputerowej oznacza minimalizację ich niepowodzeń szkolnych. Osiąganie sukcesów przez uczniów przeciętnych i słabych w uczeniu się, świadczy niewątpliwie o walorach pedagogicznych symulacji komputerowej.

Bibliografia

- Bourne J.R., Brodersen A.J., Campbell J.O., Mosterman P.J., *The Effectiveness of Learning Simulations for Electronics Laboratories*, „Journal of Engineering Education”, Vol. 91, 1, s. 81–87, 2002, <http://msdl.cs.mcgill.ca/people/mosterman/papers/eed00/p.html>.
- Denek K., *Nowe paradygmaty pomiaru efektywności kształcenia w szkolnictwie zawodowym*, „Pedagogika Pracy”, 20/2, 1992, s. 41.
- Franus E., *Wielkie funkcje technicznego intelektu. Struktura uzdolnień technicznych*, Wyd. UJ, Kraków 2000.
- Siemieniecki B., *Edukacja humanistyczna i komputery* [w:] J. Gajda, S. Juszczyk, B. Siemieniecki, K. Wenta, *Edukacja medialna*, Multimedialna Biblioteka Pedagogiczna, Wyd. A. Marszałek, Toruń 2002, s. 164.
- Siemieniecki B., *Komputer w edukacji, podstawowe problemy technologii informacyjnej*, Wyd. A. Marszałek, Toruń 1997, s. 89–90.
- Szabłowski S., *Efektywność wspomaganego symulacją komputerową uczenia się-nauczania przedmiotów elektrycznych w szkołach zawodowych*, UAM, Poznań 2005.
- Szabłowski S., *Wirtualne laboratorium w dydaktyce mechatroniki* [w:] *Modelowanie i symulacje komputerowe. Problemy teorii i praktyki*, red. A. Piecuch, W. Furmanek, Wyd. UR, Rzeszów 2010.