

BLENDED LEARNING VE VÝUCE GEOMETRIE

ŠÁRKA VORÁČOVÁ

ABSTRAKT. Výuka, kombinující distanční formu s podporou vhodných IT a prezenční konzultace, je efektivní výukový přístup, jenž je možné úspěšně aplikovat i při výuce geometrie. Použití vhodného software výuku přirozeně diferencuje, individuální přístup pomáhá nahradit formální znalosti a přispívá k osvojování užitečných návyků a strategií.

ÚVOD

Blended learning je vzdělávací přístup, který kombinuje tradiční výuku ve třídě s online vzděláváním. Již více než deset let je všeobecně uznáván jako účinná metoda překonávající mnohá omezení tradičních výukových metod a stává se trendem výuky, který se stále více uplatňuje zejména na univerzitní úrovni.

Termínu blended learning se také často užívá k popisu vyučovacího procesu, který kombinuje množství aktivit včetně prezenční výuky v rámci jednotlivých tříd, tzv. live e-learning a individuální vzdělávání vlastní rychlostí (self-paced learning) [3], [8].

V českém prostředí se pojem blended learning překládá někdy jako smíšené nebo kombinované vzdělávání a spojuje se většinou s výukou, která využívá offline e-learningových nástrojů pro domácí přípravu.

Existuje několik různých modelů blended learningu, které mohou být použity v různých vzdělávacích prostředích [8]. Zde je několik příkladů:

- **Rotace stanovišť:** Studenti rotují mezi různými výukovými stanovišti, kde se střídají mezi tradiční výukou ve třídě, skupinovou prací a online aktivitami.
- **Flexibilní časový plán:** Studenti mají flexibilitu ve volbě času a místa, kde se učí. Můžou sledovat online videa, pracovat na úkolech nebo komunikovat s učitelem online. Hlavní náplní je práce s podporou počítače, učitel je k dispozici pro konzultace a kontrolu dosažených cílů.
- **Flipped classroom (převrácená třída):** Studenti předem studují online materiály a poté se ve třídě zaměřují na diskusi, rozšíření a aplikaci znalostí. Tento model se běžně používá na vysokých školách, protože jej lze snadno integrovat do stávajících systémů výuky a učení, aniž by bylo nutné měnit organizační strukturu fakulty [9].
- **Online tutoriály:** Studenti mají přístup k online tutorům nebo učebním programům, které jim pomáhají s konkrétními tématy nebo úkoly. Prezenční formou probíhají konzultace a testování znalostí.

Transformace školy i jednotlivých učitelů zpravidla probíhá ve čtyřech fázích – odmítnutí, odpor, zkoumání a věrnost. K odporu dochází, když si učitelé uvědomí, že metody a studijní materiály, které vyvíjeli několik let, musí nahradit jinými [6].

Received by the editors: 10.02.2024.

2020 Mathematics Subject Classification: 97-00, 97-11, 97B10, 97D40, 97D60.

Key words and phrases. distance learning, e-learning, blended learning, artificial intelligence.

Klíčová slova distanční výuka, e-learning, blended learning, umělá inteligence

Efektivně implementovaný blended learning s podporou digitálních nástrojů šetří čas pedagogů i studentů. Dobře nastavené nástroje pro správu třídy nahrazují administrativní a rutinní práci, odpadá ruční tvorba testů a jejich oprava. Studenti naopak oceňují individuální přístup a možnost určit si tempo výuky i míru koncentrace na jednotlivé problémy. To je výhoda oproti frontální výuce, kdy se nemůžeme přizpůsobit různé úrovni schopnosti abstraktního a logického myšlení žáků. Nezanedbatelná je rozšiřující možnost studentů zkoumat a vizualizovat matematické pojmy a myšlenky.

Zavádění blended learningu je proces, který vyžaduje trpělivost, pečlivé plánování, investici do zdrojů a aktivní zapojení celé školy. Učitel musí počítat s vyšší časovou zátěží při přípravě a pilotním zavedení blended learningu: je třeba vybrat vhodné nástroje, přizpůsobit interaktivní studijní materiály znalostem studentů, technickým i finančním možnostem školy.

Klíčem k úspěchu je postupné přizpůsobení a dostatečná podpora všem zúčastněným. Klíčové kroky při zavádění této metody jsou následující:

- Vytvoření podpory: Učitelé mohou na začátku změnu odmítat, proto je důležité jim poskytnout dostatečnou podporu IT týmu, metodickou pomoc a sdílet příklady dobré praxe z jiných škol, kde již blended learning funguje.
- Pilotní fáze: Doporučuje se nejprve vyzkoušet blended learning na menší skupině učitelů a studentů v pilotním projektu. To umožní odhalit nedostatky, získat zpětnou vazbu a upravit postup před rozsáhlejším zavedením.
- Příprava obsahu: Učitelé budou muset přizpůsobit výukové materiály oběma formátům, připravit distanční kurzy, videa, prezentace atd.
- Průběžná zpětná vazba: Pravidelně sbírejte zpětnou vazbu od učitelů i studentů, abyste mohli model postupně vylepšovat.
- Školení a motivace: I po úvodním školení bude zapotřebí další profesní rozvoj učitelů, sdílení postupů a motivování těch, kteří zůstávají k novému přístupu skeptičtí.

1. BLENDED LEARNING V ZÁKLADNÍM VZDĚLÁVÁNÍ

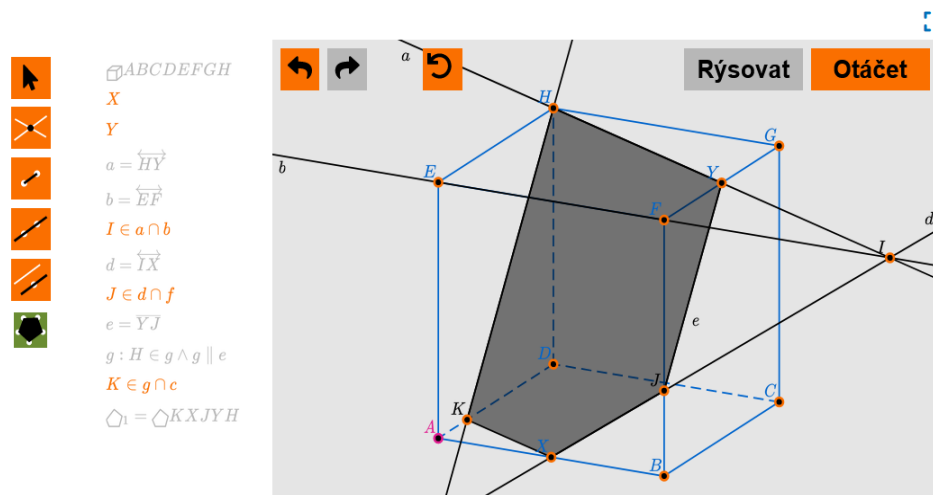
Při výuce na základní a střední škole lze pro blended learning s výhodou využít výukové portály (Khan Academy, Math4U, Techambition, Umíme to) nebo hybridní učebnice (Škola s nadhledem, H-edu). Kromě interaktivních materiálů a výukových videí poskytují i nástroje pro správu třídy a pro formativní hodnocení. V současné době nepokrývá ani jeden server celé učivo, jak je tomu např. u IXL [9] podporujícího celé kurikulum standardů v USA [4].

Pro distanční zpětnou vazbu jsou zatím poněkud nedocenené možnosti připravených sad úloh pro domácí úlohy i testování ve třídě, viz náhled takové úlohy v prostředí Techambition na Obrázku 1. Zkušenosti s rozmanitými typy formativního hodnocení jsou v každém případě přínosné pro žáky, v mnohém mohou ale být zdrojem inspirací, nápadů i překvapivé zpětné vazby pro učitele. S pomocí vhodných výukových portálů je průběžné ověřování vzdělávacího pokroku žáků mnohem jednodušší a efektivnější, než u klasického zkoušení a písemných testů.

Certifikace kvalitních výukových portálů a online aplikací spolu se systematickou podporou státu pro školy i správce portálů by se pozitivně projevila v rozvoji online vzdělávacích systémů kvalitativně i kvantitativně. V ostatních evropských státech je certifikace zajišťována státem nebo koordinována významnou univerzitou. Například Británie uznává certifikáty BESA (British Educational Suppliers Association), ve Francii je certifikace RIP (Reconnu d'Intérêt Pédagogique) udělována francouzským Ministerstvem národního vzdělávání.

Před rokem začala práce nad překlady úspěšného výukového portálu Eduten akreditovaného Finskou národní agenturou pro vzdělávání. Dle jejího programového ředitele se matematické výsledky žáků používajících Eduten zlepšily v průměru asi o třetinu [11]. Tvůrci doporučují pracovat s aplikací jednou týdně a zadávat v ní domácí úkoly. I když zatím neexistuje česká lokalizace, lze zařazení anglických příkladů do matematiky všem učitelům jen doporučit.

Je dána krychle $ABCDEFGH$, bod X zadaný jako střed úsečky AB a bod Y zadaný jako střed úsečky FG . Nalezni řez této krychle rovinou zadanou body X , Y a H . Finální řešení vyznač zeleným nástrojem.



OBRÁZEK 1. Konstrukční příklad výukového portálu Techambition, téma Stereometrie, kapitola Konstrukce řezu

2. UŽITÍ DIGITÁLNÍCH TECHNOLOGIÍ

Kombinovaná výuka je velmi dobře prozkoumaný koncept, používaný v různých obměnách většinou vysokých škol. Ve vhodném spojení s digitálními technologiemi, které umožňují zpětnou vazbu a formativní hodnocení, můžeme dosáhnout metody výuky, která předčí klasický přístup v efektivitě, atraktivnosti i v přínosu rozvoje znalostí.

Používání digitálních technologií ve výuce přináší řadu výhod, ale zároveň i určitá didaktická úskalí, které je třeba mít na paměti. Digitální nástroje mohou studenty snadno rozptýlovat a odvádět jejich pozornost od výukového obsahu. Pod vlivem nápovědných úloh a zjednodušených výkladů může docházet ke kognitivnímu zkreslení (metakognitivní skluz), při kterém si žák mylně myslí, že dané látce plně rozumí, i když tomu tak ve skutečnosti není. Hlavní příčinou metakognitivního skluzu je iluze porozumění. Když člověk materiálu věnuje pozornost a informace mu připadají smysluplné, může získat dojem, že jim skutečně rozumí. Ve skutečnosti ale porozumění může být pouze povrchní. Nezanedbatelná jsou i zdravotní rizika nadměrného užívání technologií, omezení mezilidské interakce a sociálních dovedností.

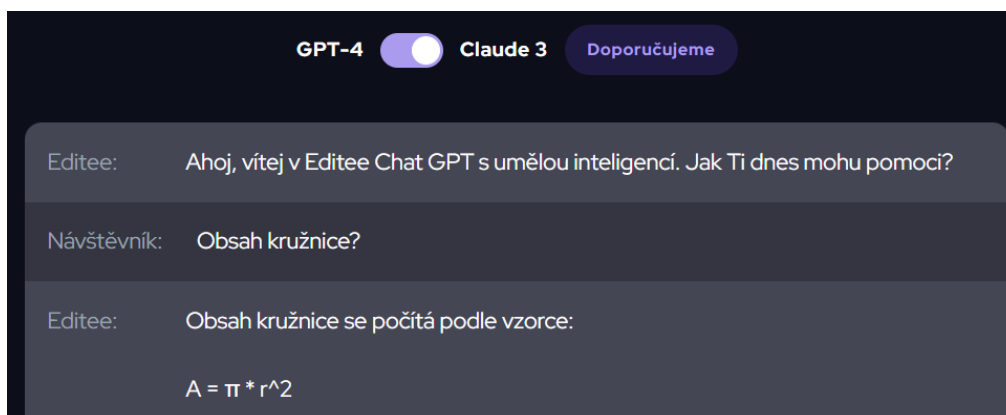
Vědomi si zálužností špatného užívání digitálních technologií, metakognitivního skluzu i digitální demence [22], [20], měníme své didaktické nástroje jen velmi pomalu a neochotně. Ovšem nezávisle na odborných názorech didaktických autorit a na empirických průzkumech se individuální vzdělávání mění rychle a svou vlastní cestou. Jak přesvědčit děti, že je užitečné umět aritmetické operace, když je umí i ten nejlevnější mobil? Jak přesvědčit studenty, že je důležité umět počítat extrémní funkce více proměnných, když stačí jen použít příkaz „extrema“ v online aplikaci? Digitální technologie zásadně a nezvratně zasahují do většiny našich činností, formují naše postoje, kompetence i vztah ke vzdělávání.

Bojujeme-li proti tomuto trendu zakazováním kalkulaček, mobilů a tabletů, jen poukazujeme na snadnou zastupitelnost vyžadovaných dovedností a vědomostí. Stejně poštilé jsou hodiny naplněné povinným opisováním do papírového sešitu či zakazování využívání internetu a umělé inteligence.

Přesvědčit žáky, že přístup k informacím nenahrazuje skutečné znalosti, lze jen jejich vlastní zkušeností. Jednou věcí je mít možnost se k nějakým informacím dostat, druhou je skutečně je vyhledat, další se s nimi seznámit, a úplně jinou pak pochopit jejich smysl. Internet dává odpovědi na všechny otázky, ale učitel má své žáky naučit ptát se, kriticky odpovědi hodnotit a hledat souvislosti.

Umělá inteligence může pomoci dětem rozvíjet kritické myšlení i pomáhat učitelům při vývoji nových způsobů, jak děti zaujmout [13], [14]. Je třeba, aby se učitele naučili, jak umělou inteligenci používat, aby se zbavili administrativních a opakujících se úkolů a také jak identifikovat, zda žáci používají obsah generovaný umělou inteligencí. Ve výuce je nutné oddělit takové druhy aktivit, ve kterých budou moci žáci umělou inteligenci využít, od aktivit, kde její využití v danou chvíli není nutné – případně je přímo nežádoucí (např. testování jejich znalostí či dovedností). Každopádně je nutné počítat s tím, že umělá inteligence dokáže mnoho tradičních typů úkolů velmi snadno zvládnout, proto je třeba vytvářet aktivity nové, které s využitím AI aktivně počítají.

Výsledky průzkumu týmu prof. Kopeckého z Pedagogické fakulty UP v Olomouci [13] ukazují, že většina českých pedagogů si uvědomuje důležitost zohlednění fenoménu umělé inteligence ve vzdělávání. Z více než dvou tisíc dotázaných učitelů ZŠ si 56 % myslí, že umělá inteligence do školy patří, jen 19 % ji naprosto odmítá.



OBRÁZEK 2. Špatný termín kružnice v odpovědi opraven není, ale pokud se zeptáte, zda mluví o kruhu nebo kružnici, odpověď je upřesněna. Zdroj: editee.com

Pomocí informačních a komunikačních technologií můžeme do značné míry změnit přístup učitelů i žáků, můžeme přiblížit školskou matematiku skutečně aplikované matematice. Při řešení reálných problémů žádný odborník nepočítá na papíře, nekreslí si na čtverečkový papír grafy. Počítačové algebraické systémy (CAS – Computer Algebra Systems) jsou již více než půl století neodmyslitelnou součástí aplikované matematiky. Je nezbytné, aby se staly nedílnou součástí i matematiky na základních a středních školách

Čím více se do výuky zařazují digitální technologie, tím důležitější role pedagoga je. Úlohou učitele je nalézt rovnováhu mezi aplikací technologií, tvořivým myšlením a paměťovým memorováním. Nadměrné užívání a spoléhání se na digitální technologie je škodlivé, je třeba dbát i na samostatné uvažování, hluboké porozumění a dlouhodobou paměť [17]. Role učitele se mění, stejně jako poměr času spotřebovaného opisováním z tabule a opravováním písemek. Je na každém učiteli, jak společný čas se svými žáky užije.

Učitel by měl být především partner v cestě za poznáním, frontální výuka by měla být redukována na co možná nejmenší míru. Naši žáci patří k tzv. generaci alpha, pro niž jsou typické multitasking, nintendo logika při řešení metodou pokus-omyl i preference psaní na počítači před psaním rukou [1]. Nebojujme s jejich způsobem vnímání světa, ale využijme jej.

Paradoxně, přestože děti narozené po roce 2010 označujeme jako digitální domorodce, digitální gramotnost má dlouhodobě klesající tendenci [17]. Zvrátit negativní trend a zvýšit úroveň digitálních kompetencí žáků lze jen synergií národních vzdělávacích institucí, soukromého sektoru a aktivním zapojením škol. I to je velký úkol pro institucionální vzdělávání napříč všemi obory.

3. STUDIE EFEKTIVITY A SLABÝCH MÍST BLENDED LEARNINGU

Dle výsledků devíti nezávislých studií v různých školských systémech má blended learning pozitivní dopad na rozvoj znalostí, dovedností i postojů studentů. Pro naše účely byly vybrány studie zaměřené na vyučování matematice. Studentské a expertní posuzování kvality výuku bylo určeno výukovým časem, podnětností výuky, jasností výkladu a strukturovaností obsahu. Podpora motivace je ve většině studií posuzována angažovaností žáků, možnostmi individualizace a výběru, podporou spolupráce a pozitivní kulturou práce s chybou.

Kognitivní aktivizace je hodnocena jen na základě procvičování formativními testy se zařazením úloh s různou obtížností. Znamky a další nástroje klasifikační škály jsou obecně přeceňovány na úkor míry neformálních znalostí. Změřit kvalitu porozumění souvislostí a reálných aplikací je úkol obtížný, žádná ze zkoumaných studií se na něj nezaměřila.

3.1. Výhody blended learningu oproti klasickému přístupu

Mnoho studií ukázalo, že kombinovaná výuka přináší studentům řadu výhod, jako je zajištění teoretického učení s časovou flexibilitou, zvýšení schopnosti sebehodnocení, odpovědnosti, zapojení do učení, motivace a zájmu o učení [9], [17], kreativní a kritické myšlení, schopnost spolupráce, práce ve skupinách a zlepšení studijních výsledků.

Kromě výše uvedeného byly ve většině studií objasněny také pozitivní účinky kombinované výuky na postoje studentů. Studenti se aktivně zapojují do učení [20] a jsou s kurzem spokojeni [18]. Účast v kurzech organizovaných podle metody blended learning stimuluje u učitelů matematiky připravenost k sebeřízenému učení a povědomí o integraci technologií [6].

Kromě přínosů rozvoje znalostí, dovedností a postojů studentů matematiky potvrdily tři studie časovou a finanční výhodnost kombinované výuky ve výuce. Výhodou jsou i přiměřené náklady studentů na studium díky bezplatné podpoře mnoha online výukových platform a nízkým poplatkům za internet [14][22].

3.2. Problémy spojené s kombinovanou výukou

Mezi problémy související s technologickými faktory patří nedostatečné počítačové vybavení, nestabilní připojení k internetu a chybějící kontrolní systémy zamezující podvodnému jednání. Významnou překážku představuje také volba vhodných nástrojů organizátorem výuky [14] a jazyk používaný v online platformách pro výuku a učení se.

Je nezbytné vypracovat studie o vývoji nebo použití nástrojů, které podporují blended learning, a objasnit způsoby fungování, výhody a nevýhody těchto nástrojů. Výběr vhodných nástrojů pro různé vzdělávací cíle a prostředí bude možný při překonání technických jazykových nebo technických omezení. Učitelé matematiky se musí aktivně učit různé nástroje a zlepšovat svou schopnost tuto nástroje efektivně využívat. Znalost anglických odborných termínů by měla být pro učitele samozřejmostí, jen tak mohou své studenty připravit na studium zahraničních materiálů a online výukových platform.

Nezanedbatelné jsou problémy se zajištěním kvality obsahu kurzu, přípravou plánů aktivit a návrhem vhodných otázek pro efektivní aplikaci blended learningu [6]. Učitelé musí zajistit, aby výukové aktivity odpovídaly úrovni studujících, aby jim pomohly propojit stávající a nové znalosti. Především v přípravné a pilotní fázi je nutné počítat se zvýšenými nároky na čas zapojených učitelů.

Konkrétně učitelé matematiky považovali za obtížné zhodnotit hlubší porozumění látce a neformálnost studentských znalostí. Statistické zhodnocení úspěšnosti formativních testů má jen informativní charakter, ústní zkoušení je pro diagnostiku a včasné napravení špatně vytvořených mentálních modelů nezbytné.

4. KVANTITATIVNÍ VÝZKUM BLENDED VZDĚLÁVÁNÍ NA FD ČVUT

Na Fakultě dopravní ČVUT učíme již více než deset let předmět Geometrie s podporou software GeoGebra. Nástrojem pro řízení výuky je LMS Moodle, který je povinnou platformou pro všechny předměty naší fakulty. Aplikace vyučovacího přístupu kombinujícího prezenční a distanční formu s využitím online materiálů se tak přímo nabízela.

Moodle umožňuje náhodné generování úloh z databáze dle nastavených parametrů, analýzu obtížnosti úloh na základě odevzdaných řešení i základní popisnou statistiku pro didaktické výzkumy. Pokud již máte databázi úloh, je tvorba jakýchkoliv testů, ať již náhodných, nebo determinovaných, s předepsaným postupem nebo gradovanými nápovědami, otázkou pár minut. Pro učitele je časově nejnáročnější právě tvorba databáze. Aby byly vygenerované testy skutečně náhodné, testovaly vědomosti, a nejen memorování výsledků, je třeba alespoň dvě stovky úloh. Doporučujeme využít parametrické zadání úloh, kdy s jedním typem úloh systém automaticky vygeneruje různé hodnoty pro označené parametry. Bohužel, zatím neexistuje sdílené úložiště, kde by si učitelé mohli stáhnout soubory úloh pro import do svého kurzu. Pokud by systém Moodle pracoval otevřeně i s reputačním systémem pro hodnocení úloh ověřenými uživateli, byl by plnohodnotnou náhradou placených výukových portálů.

Témata předmětu Geometrie na FD ČVUT nejsou zpracována na českých výukových portálech a pokud je nám známo, ani v zahraničních aplikacích. Proto jsme vytvořili vlastní hypertextové studijní opory s využitím appletů GeoGebry a nástrojů automatického generování testů v LMS Moodle, viz OBRÁZEK 3. Online studijní materiály pro studenty jsme veřejně publikovali na serveru <https://www.geogebra.org> v tzv. GeoGebra knize „Geometry FD“. Výhodami jsou interaktivnost, veřejná dostupnost a snadné odkazování na studijní materiály v online nápovědách LMS Moodle.

Určete první souřadnici vektoru $\vec{v} = (x, 1)$ samodružného směru zobrazení

$$X' = AX; A = \begin{pmatrix} 2 & -3 & 1 \\ 0 & 4 & 8 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Odpověď: ✓

Wolfram Alpha: `eigenvectors{{2,1},{0,4}}`

Správná odpověď je: -1,50

OBRÁZEK 3. Studentský náhled úlohy v Moodle. Spolu s vyhodnocením můžeme odpověď doplnit krátkým vysvětlením, nebo odkazem. Zde je použita nápověda syntaxe příkazu, student musí dosadit správné hodnoty.

Cvičení probíhají v počítačové učebně, a proto můžeme využít Moodle k individuálnímu studiu i k práci ve třídě. Během semestru mohou studenti řešit celkem šest tematicky zaměřených formativních testů. Prezenční účast na cvičení není povinná, osobní setkávání je věnováno konzultacím problematických úloh. Poté, co jsou studenti obeznámeni s dostupností všech materiálů a možností distanční zpětné vazby, se prezenční účast ustálí přibližně na 30 %. Většina studentů tak dobrovolně volí právě metodu blended learningu.

V souladu se závěry ostatních studií jsme zaznamenaly pozitivní účinky na postoje studentů a výrazné zlepšení v jejich angažovanosti. Studenti v anketách oceňují možnost individualizace, časovou flexibilitu a spravedlivost klasifikovaného závěrečného testu. Online testy a prezenční cvičení poskytují průběžnou zpětnou vazbu studentům i vyučujícím. Moodle zaznamenává většinu studijních aktivit studentů, ať už se jedná o plnění úkolů, čtení materiálů, nebo úspěšnost řešení testů. Tyto informace jsme využili pro následnou statistickou analýzu.

4.1. Faktory ovlivňující výsledek u zkoušky

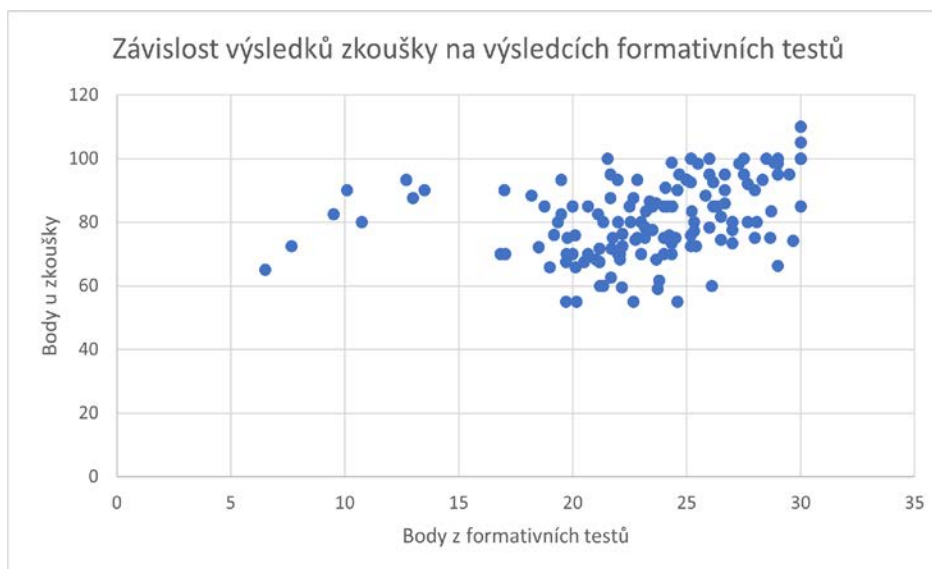
Základem poznání je omyl, který postupně upřesňujeme.

Na konci nevíme nic, ale víme to správně.

Jára Cimrman

Úspěšnost studentů u zkoušky je dána z velké části jejich znalostmi ze střední školy, a to jak v oblasti matematiky, tak v oblasti digitální gramotnosti. Vliv má jistě i motivace, analytické myšlení či časové možnosti. My jsme zkoumali jen faktory, které je možné změřit z analýzy výsledků v Moodle a které můžeme ovlivnit pro alternující výuku v budoucích letech. Průzkum probíhal ve dvou letech, celkem se jej účastnilo 374 studentů.

Porovnávali jsme, zda má prezenční účast na přednáškách a cvičení vliv na dosažené výsledky u zkoušky. Korelační koeficient pro závislost procentuální účasti na dosažených bodech u zkuškového testu je 0,32 a ani p-hodnota Spearmannova testu nezávislosti $p = 0,58$ nedává možnost zamítnout hypotézu o nezávislosti zkoumaných veličin. O něco lepší hodnoty vykazuje závislost úspěšnosti studentů u zkoušky na bodech průběžných formativních testů v Moodle, ale ani zde Spearmannův test neprokázal závislost ($p = 0,24$). Nezávislost veličin ukazuje i bodový graf na obrázku 4.



OBRÁZEK 4. Bodový graf závislosti sumativních výsledků a formativních testů

Výsledek nás překvapil, protože obě hodnoty kvantifikují úspěšnost řešení výběru příkladů ze stejné databáze. Vysvětlujeme si to povinnou minimální hranicí získaných bodů z formativních testů a nízkou motivací studentů snažit se o co nejlepší výsledek. Na zkuškový test se studenti mohou připravovat i jiným způsobem než řešením formativních testů.

Podobně neprůkazný výsledek jsme získali při zkoumání vlivu času stráveného studijními oporami v Moodle. S nízkým korelačním koeficientem 0,34 jsme zavrhlí možnou lineární závislost výsledné známky na počtu přístupů v Moodle, který měří intenzitu studijní aktivity během celého semestru. To je zřejmě dáno tím, že se studenti připravují mimo LMS Moodle. Stáhnou si např. celou databázi příkladů a pak již jejich samostudium měřit neumíme.

Cvičení vedou tři pedagogové s rozdílnými metodami výuky. Polovina kruhů byla vedena frontální výukou, polovina metodou převrácené třídy a problémově orientované činnosti. Jednofaktorová ANOVA potvrdila nulovou hypotézu, že styl výuku nemá na výsledné hodnocení vliv ($p = 0,65$), což koresponduje s předchozím závěrem, že docházka na cvičení nijak nepodmiňuje úspěšnost u zkoušky.

V druhém běhu kurzu Geometrie v tomto školním roce studenti hlasovali, zda budou povinně docházet na cvičení, nebo řešit formativní testy. Tři skupiny se rozhodly pro povinnou docházku, zbývajících 10 skupin upřednostnilo povinné řešení průběžných domácích testů. Ani zde neměly rozdílné požadavky k absolvování předmětu vliv na výsledné hodnocení.

Jediný statisticky významný rozdíl prokázalo porovnání mezi dvěma po sobě jdoucími roky výuky. Pravděpodobnost, že jsou odhadované střední hodnoty výsledků stejné nám vyšla 0,03; tedy nepárový test zamítl na 5 % hladině významnosti nulovou hypotézu o jejich rovnosti. Překvapivě lepších výsledků dosáhli studenti ve druhém roce testování. Soubor úloh byl rozšířen o netriviální aplikační příklady právě u těch typů úloh, které v prvním roce testování prokazovaly největší obtížnost. Možným vysvětlením je zveřejnění celé databáze 530 příkladů a doplnění nápověd o odkazy na relevantní studijní materiály. Rozhodně bude zajímavé sledovat výsledky i v dalších letech.

ZÁVĚR

Na základě našich dvouletých zkušeností blended metodu pro výuku geometrie doporučujeme. Začátky jsou náročné, je třeba experimentovat, nebat se investovat čas do neodzkoušených nástrojů a počítat s nutností přeformulování úloh tak, aby byly pro žáky výzvou i při využívání umělé inteligence a CAS. Kromě volby vhodného modelu je nutné při zavádění blended výuky splnit určité zásady.

- Zlepšení pedagogických a digitálních kompetencí učitelů
- Usnadnění přístupu ke studijním materiálům, kvalitní studijní opory
- Podpora sociální interakce mezi učiteli a žáky i mezi žáky navzájem
- Rozvoj zastupitelnosti vyučujících
- Umožnění kvalitní zpětné vazby a nezkreslené autoevaluace

Komplexnost vyučovacího procesu relativizuje výsledky většiny pedagogických výzkumů. Zkreslení a redukce měřeného systému odhaduje výsledky s jistou pravděpodobností, kterou není možné přetavit v objektivní pravdu. Je třeba snažit se o analýzu výsledků, pokračovat v průzkumu v delším časovém horizontu s případnou nadstavbou dalších měřených faktorů. Časový odstup, reflexe na základě reakcí studentů i kolegů pomohou k objektivnímu hodnocení didaktického experimentu a formulování alternativní strategie.

Z našeho dvouletého průzkumu vyplývá, že při dostatečné opoře studijních materiálů a nástrojů zpětné vazby nemá prezenční výuka lepší výsledky než výuka kombinovaná. Překvapivě nebyl prokázán ani dopad výukových metod a pedagogického vzdělání učitele. Pokud se naše zkušenosti potvrdí i v jiných předmětech, je zřejmé, že současný nákladný způsob institucionálního vzdělávání můžeme nahradit pro studenty příjemnějším blended learningem. Výhodami jsou dle studentské ankety ušetření času a objektivnější hodnocení.

Jednotný vysokoškolský systém vyučování ve formě přednášek a cvičení měl možná opodstatnění v době, kdy nebyly knihy dostupné a pro studenty bylo jednodušší si opatřit potřebné informace opisováním z tabule. Ztrácet hodiny času zapisováním výkladu je neefektivní na všech typech škol. Děti jsou od útlého věku zvyklé na hledání informací jakéhokoliv druhu na mobilu, existuje celá řada nástrojů pro automatické formativní testování, pomocí umělé inteligence získáte okamžitou nápovědu pro řešení daného problému krok za krokem v jakémkoli jazyce.

Bohužel, současná praxe na střední škole nás vrací o pár desítek let zpátky. Děti si musí kupovat papírové učebnice, nosit je každý den do školy a spolu s tím si zapisovat (opět na papír), co učitel řekne. Podíl středních škol, které dovolí svým žákům místo sešitů psát do tabletů je dle ČŠI necelých 30 %. Pouze 15% středních škol užívá specializovaný systém řízení výuky (LMS) dovolující kombinovat prezenční a distanční formy vzdělávání či specializovaný systém řízení školy integrující například výukové materiály, záznamy vzdělávacích výsledků žáků nebo rozvrh (10 % středních škol).

Poděkování. Děkuji redakční radě SBML za cenné připomínky a náměty k dopracování článku.

LITERATURA

- [1] Alammary, A. (2019). *Blended Learning Models for Introductory Programming Courses: A Systematic Review*, PLOS ONE, vol. 14, no. 9, p. e0221765.
- [2] Carr, N. G., Přerovská, J. (2017). *Nebezpečná mělčina: Jak internet mění náš mozek: analýza stavu lidské psychiky v době digitální*. Dauphin.
- [3] Christensen, C. M., Horn, M. B., Johnson, C. W. (2017). *Disrupting Class: How Disruptive Innovation Will Change the Way the World Learns*. McGraw-Hill Education.
- [4] Common Core State Standards Initiative. (2023). *Common Core State Standards for Mathematics*. <https://corestandards.org/wp-content/uploads/2023/09/ADA-Compliant-Math-Standards.pdf>
- [5] Haddon, L., Cino, D., Doyle, M.-A., Livingstone, S., Mascheroni, G., Stoilova, M. (2022). *Children's and Young People's Digital Skills: A systematic evidence review*. ySKILLS – Youth Skills. <https://zenodo.org/records/4160176#.X6vqe-SWw2w>
- [6] Heo, H. J., Chun, B. A. (2018). *Improving the Higher Order Thinking Skills Using Flipped Learning: Focused on the In-Class Activities with Problem Posing and Solving*, Asia Life Sciences, vol. 15, no. 4, pp. 2187–2200.
- [7] Hofmann, J. (2018). *What works in Talent Development. Blended Learning*. Association For Talent Development.
- [8] Horn, M. B., Staker, H. (2017). *The Blended Workbook Learning to Design the Schools of Our Future*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- [9] Hui Y. K., Qian, C. Li, S., Kwok, L. F. (2019). *Learning Engagement Via Promoting Situational Interest in a Blended Learning Environment*, Journal of Computing in Higher Education, vol. 31, no. 2, pp. 408–425.
- [10] IXL Learning. (2024). *IXL: Skill plans*. IXL Learning. <https://www.ixl.com/skill-plans#standards-skill-plans>
- [11] Janík T. at al. (2016). *Kvalita (ve) vzdělávání: obsahově zaměřený přístup ke zkoumání a zlepšování výuky*, Masarykova univerzita, Brno.
- [12] Kocurová, L. (2023). *Umělá inteligence ve službách učitelů. finská Platforma Eduten Míří do českých škol*. EDUzín. <https://eduzin.cz/wp/2023/01/10/umela-inteligence-ve-sluzbach-ucitelu-finska-platforma-eduten-miri-do-ceskych-skol>
- [13] Kopecký, K. (2023). *České školy a umělá inteligence (výsledky výzkumu)*. E-bezpečí. <https://www.e-bezpeci.cz/index.php?view=article&id=3554>

- [14] Maarif, S., Umam, K., Soebagyo, J., Pradipta, T. R. (2022) *Critical Review on Mathematics Virtual Classroom Practice in Private University*, International Journal of Nonlinear Analysis and Applications, vol. 13, no. 1, pp. 975–982.
- [15] Naidoo, J. (2020). *Exploring the Flipped Learning Approach within a Mathematics Higher Education Milieu in the Era of the Fourth Industrial Revolution*, Universal Journal of Educational Research, vol. 8, no. 6, pp. 2542–2553.
- [16] Nečasová, E. (2023). *ChatGPT ve škole – fungování, potenciál a limity*. Iniciativa AI dětem. <https://aidetem.cz/chatgpt-ve-skole-fungovani-potencial-limity>
- [17] Rasmitadila, R (2020). *Using Blended Learning Approach in Inclusive Education Course: A Study Investigating Students' Perception*, Int. J. Emerg. Technol. Learn., vol. 15, no. 2, pp. 72–85.
- [18] Romero, C., Buzón-García, O. (2019). *The Flipped Learning Model in Online Based Education for Secondary Teachers*, in Journal of Technology and Science Education, vol. 9, no. 2, p. 13.
- [19] Smahel, D., MacHackova, H., Mascheroni, G., Dedkova, L., Staksrud, E., Olafsson, K., Livingstone, S., Hasebrink, U. (1970). *EU Kids Online 2020: Survey results from 19 countries*. LSE Research. <https://doi.org/10.21953/lse.47fdeqj01ofo>
- [20] Şen, E. Ö., Hava, K. (2020) *Prospective Middle School Mathematics Teachers' Points of View on the Flipped Classroom*, Education and Information Technologies, vol. 25, no. 5, pp. 3465–3480.
- [21] Svobodová, E. (2021). *Psycho-sociální faktory nadměrného užívání digitálních technologií u dětí a mládeže*. <https://theses.cz/id/zmkha1/45322085>
- [22] Spitzer, M. (2014). *Digitální demence: Jak připravujeme sami sebe a naše děti o rozum*. Host.
- [23] Sunzuma, G., Zezekwa, N., Mutambara, T. L., Chagwiza C, Gwizangwe, I. (2022). *Preservice Teachers' Whatsapp Preferences in a Mathematics Methodology Course during the COVID-19 Pandemic*, Open Education Studies, vol. 4, no. 1, pp. 225–240.
- [24] Tong, D. H., Uyen, B. P., Lu, K. N. (2023). *Blended learning in mathematics teacher education: A systematic review*. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 18(17), 196–222. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i17.36985>

KATEDRA APLIKOVANÉ MATEMATIKY
FAKULTA DOPRAVNÍ ČVUT V PRAZE
110 00 PRAHA 1, ČESKÁ REPUBLIKA
E-mail :sarka.voracova@cvut.cz