

Organon: interaktivní webová aplikace pro výuku logiky*

Ludmila Dostálová, Jaroslav Lang

Katedra filozofie Filozofické fakulty Západočeské univerzity v Plzni
e-mail: ldostal@kfi.zcu.cz

Abstrakt

Cílem představovaného projektu Organon podpořeného Fondem rozvoje vysokých škol (projekt č. 566/2006/F5d) je vytvořit v rámci univerzitní sítě na Západočeské univerzitě v Plzni webovou aplikaci na podporu výuky úvodních kurzů logiky. Webová aplikace Organon by byla studentům k dispozici při jejich samostudiu a zároveň by obstarala veškerou agendu spojenou se zadáváním a vyhodnocováním samostatných domácích úloh, čímž by se dosáhlo vyšší efektivity při výuce a usnadnila se práce vyučujícím. Vzhledem k tomu, že podoba a rozsah úvodních kurzů logiky jsou na většině univerzit podobné, bude v případě zájmu možné celou aplikaci využít i na jiných vysokých školách České republiky.

1 Motivace projektu

Kurzy logiky jsou v současné době zařazeny v celé řadě studijních plánů různých oborů – patří k povinným předmětům pro studenty prvních ročníků například na technických, právnických a filozofických i pedagogických fakultách. Zpravidla se jedná o úvodní jednosemestrální kurz s dotací 2–4 vyučovacích hodin týdně pro velké množství studentů (často i několik set). Úspěšné absolvování těchto předmětů předpokládá poměrně velký podíl samostudia, neboť spočívá v samostatném řešení úloh. Navzdory faktu, že samostatné řešení úloh je nejefektivnějším způsobem,

* Vývoj webové aplikace Organon je podpořen z prostředků FRVŠ, projekt č. 566/2006/F5d „Vytvoření interaktivní webové aplikace pro výuku logiky na humanitních oborech“.

jak se logiku naučit, zcela chybí příslušná studijní literatura, především cvičebnice, které by obsahovaly dostatečnou zásobu nejen úloh, ale i klíč a vzorová řešení. Tato situace značným způsobem zatěžuje vyučující, kteří musí každoročně úlohy nejen sestavovat, ale především kontrolovat a se studenty konzultovat. Vzhledem k masovému charakteru těchto kurzů a často nízkému personálnímu obsazení jejich výuky přesahuje tento úkol možnosti vyučujících. Zrušení nebo snížení podílu samostatné práce studentů by sice tuto situaci stabilizovalo, nicméně by mělo za následek snížení kvality výsledných znalostí studentů, pro něž by se tyto předměty navíc staly nepřiměřenými. Přitom povaha úloh i problémy, se kterými studenti chodí na konzultace nejčastěji, jsou takového charakteru, že je lze bez problémů převést do automatické podoby. To znamená, že přenesení veškeré agendy související s procvičováním i ověřováním znalostí do automatické podoby didaktického softwaru či webové aplikace představuje účinné řešení této situace: přispěje k vyšší efektivitě samostudia studentů a zároveň přinese značnou časovou úsporu vyučujícím.

Vzhledem k tomuto stavu jsme na našem pracovišti začali hledat již hotový software, který by byl schopen usnadnit konzultační činnost vyučujících a zvýšit efektivitu samostatného procvičování a studia studentů. Didaktického softwaru vytvořeného přímo po potřeby úvodních kurzů logiky existuje značné množství, ať již publikovaného, dostupného na internetu nebo vyvíjeného v rámci univerzít. Nejrozvinutější v této nabídce jsou pravděpodobně *Tarski's Worlds* a *Hyperproof*. Většina softwaru tohoto druhu se však zaměřuje pouze na odbornou a didaktickou stránku problému a zcela opomíjí administrativní část výuky a konzultací, jako je hodnocení či archivace dosažených výsledků. Na druhé straně softwaru vyvinuté právě za tímto účelem, např. e-learningové systémy, sice zvládají tuto administrativní část výuky, nevyhovují však zvláštním potřebám logiky, neboť jsou navrhovány pro předměty encyklopedického a nikoli výpočetního charakteru; nemluvě o dalších technických nedostacích souvisejících s užíváním logické symboliky. Proto jsme se rozhodli vyvinout webovou aplikaci, která by v sobě spojovala obě tyto funkce – uměla by řešit logické úlohy, zacházet s nimi a hodnotit je (podobně jako to umí speciální didaktické softwaru pro logiku) a zároveň by zvládala i administrativní stránku výuky (tak jako ji obhospodařují e-learningové systémy).

2 Popis webové aplikace Organon

Cílem projektu je vytvořit v rámci univerzitní sítě ZČU webovou aplikaci pro výuku logiky se dvěma základními moduly – modulem pro samostudium a zápočtovým modulem –, která by:

1. obsahovala dostatečně bohatou databázi příkladů
 - pro samostudium studentů
 - pro hodnocené domácí úlohy a testy
2. dokázala obhospodařit veškerou agendu spojenou se zadáváním, odevzdáváním a hodnocením domácích úloh tak, aby vzniklý systém
 - automaticky generoval zadání domácích úloh
 - umožňoval elektronické vypracování i odevzdání těchto úloh
 - byl schopen odevzdané úlohy automaticky opravit a ohodnotit
 - evidoval ohodnocení odevzdaných úloh, včetně archivace zadání i vypracování
 - dokázal příslušná data statisticky vyhodnocovat podle potřeb vyučujícího
3. zahrnovala interaktivní výukový software pro průběžnou přípravu na výuku a procvičování dovedností, který by byl schopný dle volby studenta
 - předvést vzorové řešení příkladu
 - průběžně konzultovat se studentem jeho řešení úlohy
 - kontrolovat správnost úprav v průběhu řešení úlohy studentem a upozornit na chybu v okamžiku ukončení daného kroku
 - na žádost navrhnout další krok či jej přímo předvést (včetně vysvětlení)
 - zkontrolovat úlohu až po dokončení řešení, opravit ji a ohodnotit stejně jako hodnocené domácí úlohy

Prostředí webové aplikace bylo zvoleno z toho důvodu, že nemá na straně uživatelů žádné zvláštní nároky na software nad rámec běžného vybavení. Veškeré softwarové zatížení leží na straně serveru, uživatelům stačí

pouze internetový prohlížeč. Práce v aplikaci tedy, na rozdíl od softwarového produktu, po studentech nevyžaduje žádné instalační dovednosti a je dostupná z libovolného počítače s přístupem na internet. Uživatelské prostředí pak je vyřešeno tak, aby intuitivním způsobem provedlo studenty celým kurzem podobně jako například tištěná učebnice nebo cvičebnice, a vyžaduje jen minimální počítačovou gramotnost – pohyb po stránce a klikání myší.

Pro tvorbu administrativní struktury byly využity zkušenosti s používáním některých e-learningových systémů. Jako nejvhodněji uzpůsobený se ukázal být systém MOODLE, jím se Organon také inspiruje nejvíc – především co do struktury budování kurzů, administrativy a vyhodnocovacích funkcí. Vzhledem k širokému uplatnění MOODLU na našich univerzitách se do budoucna počítá také s kompatibilitou obou systémů. Běžné funkce a struktura e-learningového systému však jsou přizpůsobeny obvyklé struktuře výuky úvodních kurzů logiky a pochopitelně doplněny o aspekty související čistě s logikou.

Jedná se především o vytvoření uživatelského prostředí, které by umožňovalo pohodlně a snadno pracovat s logickou symbolikou. Protože obvyklou počítačovou notaci logických symbolů nelze (díky rozložení české klávesnice) použít, zapisují se logické symboly klikáním na příslušná tlačítka jakési „kalkulačky“, která je nedílnou součástí uživatelského prostředí. Tento způsob zápisu je sice zdoluhavější, ale intuitivní a nevyžaduje po uživateli zapamatování žádných klávesových zkratk.

Především však aplikace Organon, na rozdíl od běžných e-learningových systémů, obsahuje vedle obvyklých testových otázek i výpočtové úlohy se specifickým algoritmem pro automatickou kontrolu a hodnocení. Jedná se o úlohy související čistě s logikou, jako je tabulková metoda, transformace na normální formy či dokazování a odvozování. Tyto funkce přirozeně v žádném e-learningovém systému obsaženy nejsou, neboť se týkají pouze tohoto oboru. Navíc v sobě aplikace Organon obsahuje už hotovou databázi příkladů z logiky.

3 Databáze příkladů

Na základě zkušeností z výuky byly definovány požadované kategorie a typy úloh pro databázi příkladů. Příklady jsou v rámci databáze rozděleny podle témat do kategorií a v rámci kategorie jsou dále uspořádány podle obtížnosti do hierarchie typů. Bohatost databáze pak je zajištěna tím, že databáze není tvořena konkrétními úlohami, ale vzory, ze kterých se jednotlivé úlohy generují na základě náhodné substituce proměnných.

Vytvoření přesné typologie úloh a struktury databáze bylo nezbytným předpokladem možnosti algoritmizovat řešení i hodnocení těchto úloh počítačem tak, aby na tomto základě mohly být vybudovány oba moduly aplikace Organon – modul pro samostudium i zápočtový modul.

Databáze je založena tak, aby pokryla standardní témata úvodních kurzů logiky, tj. výrokovou a predikátovou logiku, sylogistiku, formalizaci a úsudky. V rámci těchto témat pak jsou vytvořeny jednotlivé *kategorie* příkladů, které pokrývají dílčí témata příslušného tematického okruhu, zpravidla se jedná o úlohy na procvičení nějaké konkrétní metody řešení. Tematický okruh výrokové logiky je například rozčleněn do kategorií tabulková metoda, transformace na konjunktivní a disjunktivní normální formy, odvozování ve výrokovém kalkulu přirozené dedukce apod.

V rámci kategorie se úlohy dále člení podle složitosti na *typy*. Každému typu úloh odpovídá určitý stupeň obtížnosti úlohy. Tato míra náročnosti je zpravidla vyjádřena logickými zákony nebo pravidly, jež jsou nezbytné pro úspěšné vyřešení úloh daného typu. Typ je tedy tvořen úlohami, které mají buď naprosto stejný, nebo alespoň srovnatelně obtížný postup řešení. Toto uspořádání úloh dané kategorie do hierarchie typů umožňuje generovat různým studentům zadání stejné náročnosti (v případě hodnocených domácích úkolů) stejně jako procházet úlohy postupně od nejjednodušších po složitější (modul pro samostudium).

Konečně, databáze není naplněna jednotlivými úlohami, ale *vzory*, ze kterých jsou konkrétní úlohy generovány na principu náhodné substituce. Díky tomu je databáze neobyčejně bohatá. V případě úloh pracujících z formulí lze z jednoho vzoru generovat 24, resp. 48 úloh s naprosto identickým postupem řešení. V případě slovních úloh závisí množství úloh generovaných z daného vzoru na rozsahu zdrojové tabulky, nicméně i v těchto případech se množství úloh generovaných z jednoho vzoru pohybuje mezi 30 až 50 úlohami. V současné době je každý typ tvořen čtyřmi až osmi takovými vzory, takže obsahuje 192 úloh s podobným (ne-li shodným) postupem řešení a stejným stupněm obtížnosti. Pro začátek bylo v každé kategorii zaleženo 15–20 typů, tj. stupňů obtížnosti.

Tímto způsobem byla vytvořena dostatečně bohatá databáze příkladů. Nezávislost zdroje příkladů pro zadávání hodnocených domácích úloh a zdroje příkladů pro samostudium je zajištěna tím, že vyučující před zahájením kurzu přiřadí k domácím úkolům i k samostudiu různé typy úloh; a dále tím, že uživatelské prostředí studenta neumožňuje přenášet úlohy z jednoho modulu do druhého. Algoritmus vybírající příklady pro zadávání hodnocených domácích úloh zaručuje, že automatické generování přidělí každému studentovi jiné zadání stejné obtížnosti, čímž bude zaručena jak samostatná práce studentů, tak i srovnatelnost dosa-

žených výsledků. Výběrový algoritmus úloh v modulu pro samostudium byl zase koncipován tak, aby student postupně prošel všechny úrovně obtížnosti úloh; od té nejjednodušší po nejsložitější. Automatické přidělování těchto úloh pak reaguje na úspěšnost dosavadního studentova řešení přidělených úloh, čímž se přizpůsobuje rychlosti jeho učení.

Struktura databáze – dělení úloh podle postupu řešení a jeho náročnosti do systému kategorií a typů – dále umožňuje nejen každoročně upravovat strukturu jednotlivých domácích úloh daného kurzu co do rozsahu i obsahu, ale také využívat celou databázi pro potřeby různých kurzů různého zaměření, tematické skladby a obtížnosti. Dále pak tato struktura umožňuje pro budoucnost celou databázi rozšiřovat nejen kvantitativně (přidáváním nových typů a vzorů), ale i kvalitativně (vytvořením nových kategorií).

4 Zápočtový modul

V současné době se dokončuje zápočtový modul aplikace Organon, který by měl být nasazen do zkušebního provozu v letním semestru 2007. Zápočtový modul by měl obhospodařovat veškerou agendu spojenou se zadáváním, opravováním a hodnocením samostatných domácích úloh studentů. Jedná se o průběžnou samostatnou práci studentů během semestru, nikoli o závěrečný zápočtový test, i když i k němu lze aplikaci Organon použít, bude-li vyučující chtít. Hlavním účelem těchto domácích úkolů je přimět studenty, aby během semestru průběžně pracovali a vyřešili alespoň minimální počet úloh nezbytný k tomu, aby získali základní zručnost v zacházení s logickou symbolikou. Schopnost manipulovat se symboly, upravovat formule a zvládat základní syntaktické operace se nejlépe učí právě prostřednictvím samostatného řešení úloh. Množství těchto úloh nemusí být veliké. Obvykle stačí, aby student sám vyřešil okolo pěti úloh určitého typu, a příslušné operace se pro něj stanou mechanickými (pouze v případě odvozování v kalkulu musí být tento počet téměř dvojnásobný). V okamžiku, kdy student zvládne tyto základní syntaktické operace, má smysl přejít ve výkladu k teoretické nadstavbě a filozoficky zajímavým otázkám, neboť teprve nyní mají studenti s teoretickými koncepty spojeny přesné představy a nikoliv jen vágní přiblížení.

Zápočtový modul je tedy koncipován tak, aby zvládal veškerou administrativu spojenou s touto samostatnou prací studentů v průběhu semestru, tj. zadávání, opravování a hodnocení domácích úkolů. Automatické generování *zadání* z dostatečně velké a strukturované databáze garantuje, že při zachování stejné náročnosti úloh bude každému stu-

dentovi přiděleno jiné zadání, čímž je zaručena jak samostatnost práce tak i srovnatelnost dosažených výsledků. Přesná typologie úloh a ošetření celé řady krajních podmínek pak umožňuje automatické *opravování* a *hodnocení* odevzdaných úloh, což se promítne především do rychlosti tohoto hodnocení, přispěje však i k jeho správnosti a objektivitě, neboť odpadne problém chyb v opravování z nepozornosti, kterému se žádný vyučující (zvláště při vysokých počtech studentů) nemůže ubránit. Automatická *archivace* zadání, vypracování i ohodnocení samostatných prací studentů zajišťuje, že v případě pochybností bude kdykoli později možné provést zpětnou kontrolu automatického hodnocení vyučujícím.

Každý *student* má přístup pouze k vlastnímu účtu, kde jsou uložena zadání jeho domácích úloh, jejich vypracování i ohodnocení. Pro studenty je zápočtový modul aplikace Organon prostředím, ve kterém mohou tyto úlohy vypracovávat a odevzdávat. Až do odeslání je možné domácí úkol opakovaně otevírat, upravovat a ukládat. Po odeslání je úkol automaticky opraven a ohodnocen, přičemž výsledky (včetně vysvětlujícího komentáře) jsou ihned sděleny studentovi a zapsány na jeho účet. K ostatním funkcím aplikace ani k databázi příkladů studentovi přístup umožněn není.

Vyučující definuje před zahájením kurzu strukturu domácích úkolů tím, že stanoví počet úkolů a termín jejich odevzdání. Pro každý úkol pak určí počet úloh, které bude ten který úkol obsahovat, a k těmto úlohám poté přiřadí konkrétní typy z databáze. V průběhu kurzu má vyučující přístup ke všem zadáním i řešením domácích úloh svých studentů včetně výsledků automatického hodnocení, takže je může kdykoli korigovat. Kromě běžné evidence dosažených výsledků studentů eviduje aplikace Organon i další statistická data, na jejichž základě by bylo možné sledovat vyváženost obtížnosti úloh, míru náročnosti každé jednotlivé úlohy i celého typu, průměrnou úspěšnost studentů a podobně. Tyto údaje jsou nezbytné jednak k hodnocení efektivnosti výuky, dále pak indikují potřebu změn ve struktuře samostatných úkolů, popř. celého kurzu a stylu výuky.

5 Modul pro samostudium

Modul pro samostudium by měl být díky interaktivním prvkům schopen suplovat elementární konzultace. Dovoluje studentům si příslušné druhy příkladů nejprve procvičit, než přistoupí k vypracování hodnocených úkolů, a to ve stejném prostředí, ve kterém budou pracovat poté. Základní funkcí tohoto modulu je kontrolovat správnost řešení (zpra-

vidla kontrola ekvivalentnosti úprav) a upozorňovat studenty na chyby v okamžiku dokončení daného kroku. Toto bezprostřední upozorňování na chyby představuje zpětnou vazbu, kterou studenti vyžadují nejčastěji. Tím, že kontrola správnosti spočívá právě na kontrole ekvivalentnosti úprav, není student nijak omezován ve volbě postupu řešení.

Tato základní kontrolní funkce modulu pro samostudium bude v budoucnu rozšířena o interaktivní nápovědu, kterou může student v případě potřeby požádat o návrh dalšího kroku či jeho předvedení, případně o další podrobnější vysvětlení. Nápověda je budována na základě zkušeností z osobních konzultací, kdy student řeší úlohy pod dohledem vyučujícího, takže by se (co do své struktury) měla co nejvíce blížit obvyklému průběhu těchto rozhovorů mezi studentem a vyučujícím. Stávající zkušenosti totiž ukazují, že většina dotazů, se kterými studenti na konzultace chodí, se neustále opakuje a lze je tedy bez větších problémů převést do automatizované podoby.

Modul pro samostudium bude fungovat dle volby studenta ve třech různých modech. Jednak bude schopen předvést vzorové řešení daného příkladu včetně příslušného vysvětlení a výkladu. Dále nechá studenta příklad samostatně řešit a toto jeho řešení s ním bude průběžně konzultovat tak, že jej bude upozorňovat na chyby v okamžiku dokončení kroku, případně mu na jeho žádost poskytne rady pro další řešení – návrh kroku či jeho předvedení. Konečně si student může ozkoušet domácí úkol nanečisto tak, že vyřeší celou úlohu bez kontroly či nápovědy, a aplikace ji poté ohodnotí a okomentuje stejným způsobem, jakým jsou v zápočtovém modulu hodnoceny odevzdané domácí úkoly.

Konzultační funkce modulu pro samostudium je založena na stejném algoritmickém řešení úloh jako zápočtový modul; resp. vychází ze stejných algoritmů jako automatické opravování a hodnocení domácích úloh. Proto bude tento modul (především nápověda) dobudován po vyhodnocení a zapracování výsledků ověřování funkčnosti zápočtového modulu, které nyní probíhá.

6 Současná situace a další vývoj

Během letního semestru 2006 byla vytvořena struktura databáze, tj. především rozčlenění úloh v kategoriích na přesně vymezené a uspořádané typy, ke kterým byly vytvořeny odpovídající vzory. Vytvořená typologie byla předběžně ověřena ve spolupráci se studenty. Na základě této typologie pak byly vytvořeny algoritmy pro automatické řešení těchto úloh počítačem a v návaznosti na ně i algoritmy pro jejich hodnocení.

V současné době jsou do elektronické podoby převáděny kategorie tabulkové metody a transformací na normální formy. Během zimního semestru budou doplněny ještě kategorie úloh na logický čtverec (pravidla pro kvantifikátory) a některé slovní úlohy testového typu týkající se ekvivalence vět či platnosti úsudků. V dalších letech se počítá s doplněním transformací na prenexní normální formu, úpravy formulí predikátové logiky a odvozování v kalkulu přirozené dedukce pro výrokovou i predikátovou logiku a především formalizace, která činí studentům velké problémy.

V letním semestru 2007 by měla být aplikace Organon ve zkušebním provozu zapojena do běžné výuky úvodních kurzů logiky na FF ZČU v Plzni. Zápočtový modul by měl být schopen provozu již v plném rozsahu, modul pro samostudium bude fungovat pouze v omezené podobě. Na základě zkušeností z tohoto provozu pak budou provedeny příslušné úpravy, především ve vztahu ke studentům. Průběžně bude dobudována nápověda v modulu pro samostudium.

Dále se počítá s neustálým rozšiřováním databáze, jak kvantitativně, tak i kvantitativně. V tomto ohledu se již připravují navazující projekty na rozšiřování databáze ve spolupráci s dalšími univerzitami, aby obsah databáze odpovídal struktuře kurzů nejen na ZČU. Přidáním výkladových pasáží lze aplikaci Organon rozšířit ve zcela samostatný e-learningový kurz, resp. vytvořit z ní autonomní elektronickou učebnici logiky.

Vzhledem k tomu, že úvodní kurzy logiky mají na většině vysokých škol stejnou podobu, mohla by se aplikace Organon stát součástí výuky i mimo ZČU. Navazující projekty se tedy mimo jiné zaměří také na tvorbu vhodného uživatelského prostředí pro vyučující, tak aby si mohli vytvořit vlastní strukturu zadávání domácích úloh i testů stejně jako vlastní systém příkladů pro samostudium, který by odpovídal koncepci a potřebám jejich vlastních kurzů.

7 Očekávané výsledky

Trend převádět univerzitní studium do elektronické podoby a nahrazovat tradiční akademické přístupy moderními metodami získává v poslední době stále větší podporu. Výhody tohoto stylu výuky jsou (alespoň z hlediska studentů) očividné – dovolují bez větších nákladů zajistit dostatek studijních materiálů pro stále rostoucí počet studentů a doručit je za nimi až do tepla jejich domovů, aby ve svém úsilí o vzdělání nemuseli vzít do ruky knihu, či snad jít do knihovny nebo dokonce na konzultace,

když i osobní kontakt lze převést na korespondenční. I prezenční forma studia se tak často stává dálkovou v pravém smyslu toho slova. Webová aplikace Organon však hledá jinou cestu, a to jak využít možnosti nabízené elektrotechnickými a informačními technologiemi k tomu, aby bylo možné zachovat, nebo dokonce i zvýšit nároky kladené na studenty, aniž by se tyto požadavky staly pro studenty či vyučující nezvladatelnými.

Elektronické studijní materiály nikdy nemohou nahradit prezenční studium bez snížení kvality a nároků na výsledné znalosti. Zdá se však, že se mohou stát nedocenitelným pomocníkem při procvičování – každý student může získat prostřednictvím počítače vlastního tutora, který mu bude nepřetržitě, dle jeho přání, k dispozici, aby kontroloval správnost jeho řešení a upozorňoval jej na chyby, popř. nabízel příslušná vysvětlení. Tuto bezprostřední zpětnou vazbu nelze při tradičním způsobu studia nijak zajistit, protože univerzitní vzdělávání nabylo v posledních letech tak masového charakteru, že vyučující prostě nemůže být všem studentům k dispozici způsobem, který býval běžný. Tuto situaci řeší tím, že sníží objem požadavků na praktické dovednosti, nebo zredukuje rozsah zpětné vazby poskytované studentům. To studenty často demotivuje – v okamžiku, kdy je pro ně problém živý a skutečně palčivý, nemohou dostat odpověď, a tak své úsilí odloží na dobu semináře či konzultace, tím naléhavost celého problému vyprchá, takže kolikrát se k němu již nevrátí. To má za následek snížení kvality výsledných praktických dovedností studentů a v důsledku toho i postupné snižování požadavků kladených v úvodních kurzech logiky na studenty. Kromě toho nelze klást na studenty vysoké požadavky, jestliže i jen jejich prostá kontrola (o zpětné vazbě ani nemluvě) přesahuje fyzické možnosti vyučujícího. Možnost nepřetržitě dostupných elektronických konzultací a dohledu by tak měla umožnit zvýšit požadavky úvodního kurzu logiky a klást na studenty vyšší nároky přiměřené univerzitnímu vzdělání, zároveň by nabízela studentům prostředek, jak tyto zvýšené požadavky úspěšně zvládnout, aniž by to nutně muselo znamenat navýšení konzultační zátěže vyučujícího.

Jistěže výše popsanou situaci může uspokojivě vyřešit i tradiční sbírka řešených úloh. Vzhledem k tomu ale, že v současnosti není žádná vhodná k dispozici, je efektivnější vytvořit rovnou její elektronickou podobu, která má proti tradiční tištěné tu výhodu, že nelze listovat dopředu a podívat se předem, jak to dopadne. Student tak musí projít celé řešení sám i se všemi kotrmelci, místo aby se prostě jen podíval do klíče a spatřil řešení, které je přeci jasné a které během pár vteřin zapomene, protože je pouze viděl a neprožil.