

УДК 007:519.81:378

Н. С. БАКУМЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

*В данной статье предлагается модель системы дистанционного обучения (ДО) для эффективной подготовки пилотов, основное предназначение которой – самостоятельная подготовка к сдаче экзаменов на получение сертификатов. Существующие системы ДО, как правило, направлены на измерение одной из компетенций летчиков, тогда как в ходе подготовки требуется приобретение навыков по множеству направлений: анализ вербальной и числовой информации, определение уровня владения английским языком, тестирование на распознавание аварийных ситуаций и т.д. В работе предлагается модель системы ДО, которая может быть реализована на базе открытой платформы Moodle. Рассмотрены математические модели оценивания качества подготовки пилотов по множеству компетенций.*

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, платформы онлайн обучения, тестирования, пилоты гражданской авиации, кривая обучения.

### Введение

Подготовка пилотов гражданской авиации (ГА) является сложным и дорогостоящим процессом. Для получения сертификатов типа PPL (Private Pilot Licence), CPL (Comercial Pilot) или ATPL (Airline Transport Pilot's Licence) на осуществление полетов требуется пройти достаточно основательный курс подготовки, где основное требование предъявляется к объему часов летной подготовки [1,2]. Однако немаловажным является сдача экзаменов и тестов на знание английского языка, речевых и числовых способностей, умения реагировать на опасные ситуации. Для самостоятельной подготовки к сдаче таких тестов в настоящее время широко используются онлайн ресурсы – системы тестирования COMPASS, ACT, SEB, Dilsy. Данные ресурсы предоставляют набор тестов для проведения самоподготовки и оценки своих способностей, однако большинство предлагаемых тестов не являются адаптивными. Практически все платформы для тестирования являются закрытыми и не дают возможность оценить надежность теста, сложность вопросов и другие психометрические характеристики. Также, большинство онлайн платформ для тестирования работают без учителя, т.е. инструктор не контролирует самостоятельную подготовку учеников, что является важной составляющей в процессе обучения пилотов.

Целью данной работы является анализ методов и моделей, применяемых для оценивания самостоятельной подготовки пилотов гражданской авиации и разработка модели информационной системы дистанционного обучения на базе современной онлайн платформы дистанционного обучения (ДО).

### 2. Анализ современных систем онлайн тестирования

Для проверки числовых и речевых способностей пилотов в программах подготовки чаще всего применяют SHL-тест, который используется при проведении собеседований во многих зарубежных компаниях. Пройти подготовку к данному тесту можно на таких ресурсах, как <http://shl-test.ru/>, <http://shltest.blogspot.com/>, <http://www.cebglobal.com/>, <https://www.shl.ru>, <https://www.assessmentday.co.uk> и многих других. Также большой выбор тестов на математические и вербальные способности предлагают онлайн ресурсы COMPASS (<http://www.testprepreview.com/>) и ACT (<http://www.act.org/>). Недостатком данных сервисов является то, что данные системы тестирования являются закрытыми, нет возможности проведения полного анализа трассы прохождения тестов, не осуществляется контроль за самостоятельной подготовкой обучаемых, нет возможности подбора индивидуальных курсов для пилотов, исходя из их персональных и личных характеристик.

Для проверки основных компетентностных навыков на получение свидетельства специалиста ГА интернет ресурс Dilsy (<http://dilsy.net/>) предоставляет доступ к курсам и вопросной базе теста Государственной сертификации пилотов Российской Федерации (РФ). Данный ресурс курируется тьютором, обеспечивает работу форума с привлечением специалистов ГА РФ и может быть использован для самоподготовки, однако также не дает возможности осуществлять целенаправленную самостоятельную работу с учетом способностей обучаемых.

Открытая платформа Moodle (<https://moodle.org/>) является эффективным инструментом для разработки онлайн курсов и проведения тестирования как в режиме обучения, так и при итоговом контроле уровня подготовки. На базе платформы Moodle может быть разработана эффективная система тестирования для пилотов, которая позволит учесть недостатки рассмотренных выше систем [3].

Система Moodle имеет гибкий конструктор тестов и позволяет настраивать следующие параметры:

1. Дата начала и окончания прохождения теста.
2. Количество доступных попыток ответа на вопрос.
3. Время прохождения теста обучаемым.
4. Ограничения времени тестирования по одному тесту и повторной попытки на прохождение данного теста.
5. Параметры установки формата теста: случайный или последовательный выбор вопросов; случайное или последовательное отображение ответов; формат попыток.
6. Максимальное количество вопросов на одной странице (является важной составляющей при распределении усилий в процессе тестирования).
7. Категории (к какому курсу относится вопрос) и свойства вопросов, которые используются в тесте (все вопросы имеют одинаковый вес или более сложным вопросам можно назначить больший вес).
8. Комментарии к прохождению теста (здесь инструктор может отобразить рекомендации для обучаемого в случае его неправильных ответов или использовании большого количества попыток).

Среди параметров вопросов следует выделить: название, тип вопроса теста (вопрос с альтернативным выбором ответа, на соответствие, с множественным вариантом ответов, числовой, с вложенным ответом и др.), категория вопроса, количество баллов за вопрос, штрафные баллы за использование попыток. Гибкий конструктор тестов позволяет реализовать практически любые вопросы, как для анализа математических способностей, так и для изучения языков.

Открытость платформы Moodle позволяет не только использовать существующие шаблоны отображения различных вопросов (с использованием звуковых файлов, картинок, анимации), но и конструировать свои шаблоны, которые могут быть эффективными именно при подготовке пилотов.

Следует отметить, что к недостаткам данной платформы является отсутствие эффективного механизма анализа данных тестирования, т.е. возможно получить только «сырую» статистику, анализ которой требует специальных знаний от инструктора, что не является эффективным в процессе ДО.

Также для эффективной самостоятельной подготовки требуется настройка индивидуального профиля обучаемого, которая позволит выбрать оптимальный набор курсов в соответствии с уровнем способностей обучаемого. Данный функционал может быть разработан на базе современных средств интеллектуального анализа данных с использованием методик адаптивного тестирования.

### 3. Модели оценивания индивидуальных кривых обучения

Моделирование усвоения знаний обучаемых является важной задачей любой системы ДО. Кривая обучаемости – это графическое представление изменения скорости обучения определенному знанию или виду деятельности. Как правило, для построения моделей кривых обучения используют методы интеллектуального анализа данных или методы, получившие название Educational Data Mining (EDM) [4,5]. Среди основных моделей, которые позволяют отобразить связь между усвоенными компетенциями и результатами тестирования, т.е. позволяют оценить, интерпретировать и спрогнозировать уровень подготовки студента на основе анализа его процесса изучения учебных материалов и результатов контрольных тестов, можно выделить следующие [6]:

1. Аддитивная факторная модель (Additive Factor Model – AFM).
2. Модель усиленного обучения (Learning Gain Model – LGM).
3. Альтернативные модели логистической регрессии – модель выравнивания мастерства (Mastery-Align Model – MA) и выравнивания и деагрегации Mastery-Align and Disaggregated – DISMA).
4. Байесовская трассировка знаний (Bayesian Knowledge Tracing – BKT).

Первые три модели базируются на модели логистической регрессии [7], которая позволяет оценить вероятность успешной подготовки на основе анализа множества характеристик обучаемого. В данном случае предполагается, что наблюдаемые оценки обучаемых распределены по закону Бернулли. Как известно, распределение Бернулли – это биномиальное распределение случайной величины  $Y_i \rightarrow B(n_i, p_i)$ , где  $n_i$  – число испытаний,  $p_i$  – вероятность успеха.

Модель логистической регрессии предполагает, что для каждого испытания (значения  $i$ ) есть ряд объяснительных переменных, которые могли бы предсказать итоговую вероятность исхода. Например, результат успешного окончания курсов можно представить в виде двух категориальных значений: 1 – курсы успешно окончены и 0 – курсы не окончены. По методу логистической регрессии можно оце-

нить вероятность принадлежности обучаемого к группе успешных или неуспешных учеников. В этом случае, уровень подготовки  $i$ -го обучаемого – это независимая переменная  $Res_i \in \{0,1\}$ , а множество признаков  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – независимые переменные, которые отображают уровень успеваемости ученика по множеству предметов и множество других социальных и личностных факторов. Независимые переменные могут быть представлены в различных шкалах (метрических, порядковых, номинальных), но они нормализуются и задаются как метрические.

Вероятность  $P$  того, что результат обучения будет успешным  $Res = 1$  будет иметь вид:

$$P\{Res = 1 | x\} = f(z),$$

$$z = A^T x = a_1 x_1 + \dots + a_n x_n,$$

где  $A$  и  $x$  – векторы-столбцы независимых переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$  и параметров коэффициентов  $a_1, a_2, \dots, a_n$  соответственно, а функция  $f(z)$  – логистическая функция, которая имеет вид:

$$f(z) = \ln \left( \frac{P}{1-P} \right) = \frac{1}{1 + e^{-z}}.$$

Вероятность того, что  $Res = 0$  равна  $P\{Res = 0 | x\} = 1 - f(z)$ .

Параметры коэффициентов  $a_1, a_2, \dots, a_n$  логистической функции определяются с использованием метода максимального правдоподобия [8].

Если уровень подготовки  $i$ -го обучаемого, ответившего на  $j$ -й вопрос представить как множество ответов  $Res_{ij} \in \{0,1\}$ , то линейные компоненты функции  $f(z)$   $i$ -ого обучаемого аддитивной факторной модели (AFM) будут определяться выражением [6]:

$$f(z) = \sum_k \left[ q_{jk} (b_k + u_k \cdot T_{pk}) \right] + \theta_i, \quad (1)$$

где  $b_k$  (уровень сложности) и  $u_k$  (скорость обучения) – постоянные составляющие, соответствующие  $k$ -й компоненте усваиваемых знаний (навыков);  $\theta_i$  – случайная составляющая модели;  $T_{pk}$  – вектор характеристик обучаемого, которые оказывают существенное влияние на образовательный процесс для получения  $k$ -х навыков (начальные возможности обучаемых).

По сути, модель AFM отображает линейную зависимость между прилагаемыми усилиями студентов и уровнем получаемых знаний. Если пренебречь начальными возможностями каждого испытуемого, т.е. оценивать только уровень знаний на основании тестов (убрать из формулы (1) компоненту  $u_k \cdot T_{pk}$ ), то модель AFM будет являться моделью

Раша. Модель Раша широко используется при адаптивном обучении, так как позволяет оценить зависимость между уровнем подготовки обучаемого и характеристиками выполняемых заданий. Использование данных моделей для решения задач адаптивного тестирования можно найти в [9,10].

Модель AFM выравнивает обучаемых относительно их начальных возможностей, но при этом на результат оценивания сильно влияет скорость усвоения знаний, т.е. то, что может привести к нежелательным результатам – преждевременной усталости от процесса обучения и некачественным знаниям. Модели LGM, MA и DISMA позволяют учесть данные факторы и предполагают оценку знаний и навыков за некоторый интервал обучения. Подробное исследование данных моделей представлено в [6], приведены сравнительные характеристики и показана точность оценивания кривых обучения.

Модель Байесовской трассировки знаний (ВКТ) широко используется в интеллектуальных образовательных системах и оценивает совершенство владением умениями и навыками. Модель ВКТ основана на анализе априорных вероятностей того, что обучаемый успешно усвоивший учебный материал, правильно ответит на вопросы итогового теста. Вопросам использования Байесовских сетей уделяется немало внимания и результаты исследования можно найти в работах [11-13].

Байесовские сети являются одним из видов вероятностных графических моделей. В простейшем случае одна вершина графа соответствует выполняемому заданию, а соответствующая ей вторая вершина – проверяемой компетенции [12]. Модель ВКТ определяет набор вероятностей:  $P_0$  – вероятность того, что обучаемый владеет умениями и навыками априори;  $P_1$  – вероятность перехода от неизвестных знаний (умений, навыков) к состоянию известности, т.е. вероятность того, что обучаемый сможет овладеть данными компетенциями;  $P_f$  – вероятность того, что обучаемый может забыть известные ему знания или навыки;  $P_s$  – вероятность ошибиться при выборе правильного ответа на задание при владении данной компетенцией;  $P_g$  – вероятность ответить правильно, при отсутствии знаний, умений или навыков по данной компетенции (вероятность угадывания).

В классической модели ВКТ вероятность забывания  $P_f = 0$  и модель определяется четырьмя параметрами:  $U = \{P_0, P_1, P_s, P_g\}$ . Для оценивания вероятности успешности обучаемых на начальном этапе все вероятности равны 0,5, т.е. считается, что все события равновероятны. После этого байесовская

сеть обучается. Обучающая задача может быть сформулирована следующим образом: на основании статистических данных о результатах обучения  $\{Res_{ijt}\}$   $i$ -го обучаемого, выполнивших  $j$ -е задание (простейшая модель байесовской сети) за период обучения  $t \in [1, T]$  максимизировать вероятность успешности обучаемого  $P(Res|U)$  при заданных  $U = \{P_o, P_1, P_s, P_g\}$ .

Данная задача может быть решена методом полного перебора или градиентного спуска [8].

На основе рассмотренных выше моделей, исходя из начальных условий обучаемого и его продвижения по изучению материалов обучающих курсов, можно определить на каждом этапе вероятность успешности, т.е. овладел обучаемый набором требуемых компетенций или нет.

#### 4. Модель информационной системы дистанционного обучения

Основываясь на результатах моделей оценки вероятностей успешного освоения знаний, умений и навыков можно сформировать для каждого обучаемого свою программу обучения по выбранным направлениям, т.е. подобрать последовательность курсов и тесты, которые будут максимально отображать уровень качества подготовки пилота ГА.

Общий вид модели информационной системы ДО представлен на рис. 1.

Как видно из рис. 1, на первом этапе проводится начальный контроль знаний обучаемого, и в зависимости от полученных результатов формируется программа обучения на период времени  $t \in [1, T_1]$ , где  $T_1$  - время окончания первого этапа подготовки. По окончании времени первого этапа проводится тестирование и оценивается качество тестовых заданий. Если результаты не соответствуют требу-

мому уровню, то осуществляется повторный курс обучения с рекомендацией прохождения тех тем, которые не усвоены обучаемым. В противном случае осуществляется переход на следующий уровень подготовки. Следующий этап также ограничен по времени. Алгоритм действий по окончании второго этапа подготовки аналогичный. Количество этапов определяется на основе программы подготовки пилотов (PPL, CPL или ATPL).

По завершению всех этапов осуществляется итоговый контроль знаний, умений и навыков обучаемого, что дает возможность о принятии решений сдачи экзаменов на сертификат пилота.

Весь процесс самостоятельной подготовки контролируется инструктором, который может вносить изменения в программу обучения каждого курируемого, настраивать параметры теста и заданий, осуществлять консультации и рекомендовать соответствующую литературу для подготовки. Система Moodle позволяет осуществлять данные действия.

Для разработки программного обеспечения данной информационной системы предлагается использовать современные программные инструменты, такие как C# или Java. Они позволят осуществить взаимодействие с открытой платформой Moodle и реализовать алгоритмы реализации рассмотренных выше моделей.

#### Выводы

Таким образом, в данной работе проанализированы существующие системы онлайн тестирования при подготовке пилотов ГА, представлены основные модели, которые могут быть использованы для анализа процесса самостоятельной подготовки обучаемых, и предложена модель информационной системы на базе открытой платформы Moodle, которая позволит реализовать эффективный механизм самоподготовки пилотов с учетом своих способностей и индивидуальных характеристик.

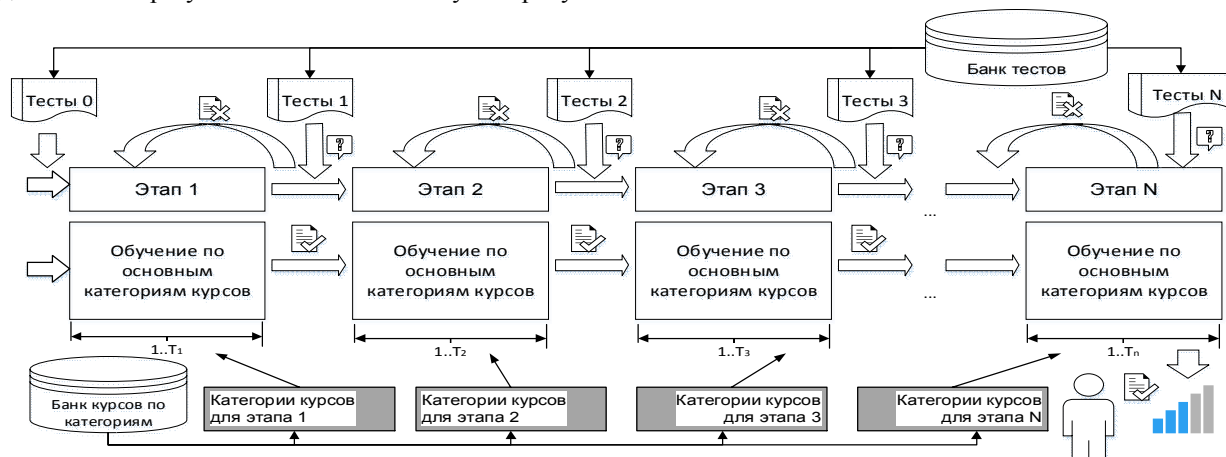


Рис. 1. Структура информационной системы ДО для самостоятельной подготовки пилотов

## Література

1. Програма первинної підготовки пілотів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <https://m.hh.kz/vacancy/11805916>. – Загл. с екрана. (дата звернення 6.09.2015).
2. Програма підготовки пілотів *Ab-initio* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://airastana.com/rus/ru-ru/O-nas/Obuchenie-i-karera/Programma-podgotovki-pilotov>. – Загл. с екрана. (дата звернення 6.09.2015).
3. Анисимов, А. М. *Работа в системе дистанционного обучения Moodle* [Текст] : учеб. пособие / А. М. Анисимов. – Харьков : ХНАГХ, 2008. – 275 с.
4. *International Educational Data Mining Society* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.educationaldatamining.org>. – Загл. с екрана. (дата звернення 6.09.2015).
5. Baker, R. S. J. d. *The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions* [Text] / R. S. J. d Baker, K. Yacef // *Journal of Educational Data Mining*. – 2009. – № 1 (1). – P. 3-17.
6. Käser, T. *Different parameters - same prediction: An analysis of learning curves* [Text] / T. Käser, K. R. Koedinger, M. Gross // *Proceedings of the 7th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2014)*. – 2014. – P. 52-59.
7. *Логистическая регрессия* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Логистическая\\_регрессия](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Логистическая_регрессия). – Загл. с экрана. (дата звернення 6.09.2015).
8. Магнус, Я. Р. *Эконометрика. Начальный курс* [Текст] : учеб. / Я. Р. Магнус, П. К. Катышев, А. А. Пересецкий. – М. : Дело, 2004. – 576 с.
9. Мазорчук, М. С. *Оценка параметров теста на основе модели IRT* [Текст] / М. С. Мазорчук, В. С. Добряк, К. А. Гончарова // *Системы обработки информации : сб. науч. пр. / Харьк. ун-т пов. сил ім. Івана Кожедуба*. – Х., 2010. – Вып. 7 (88). – С. 121 – 125.
10. Гончарова, К. А. *Система контроля знаний на основе технологии адаптированного тестирования* [Текст] / К. А. Гончарова, В. С. Добряк, М. С. Мазорчук // *Проблемы и перспективы развития IT-индустрии в Украине : Міжнар. наук.-практ. конф., 18 – 19 листопада 2009 р. : Зб. тез.* – Х. : Вид. ХНЕУ, 2009. – С. 266 – 268.
11. Baker, R. S. *More Accurate Student Modeling Through Contextual Estimation of Slip and Guess Probabilities in Bayesian Knowledge Tracing* [Text] / R. S. Baker, A. T. Corbett, V. Aleven // *Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*. – 2008. – P. 406 – 415.
12. Хлопотов, М. В. *Применение байесовской сети при построении моделей обучающихся для оценки уровня сформированности компетенций* [Электронный ресурс] / М. В. Хлопотов // *Интернет-журнал «Наукоедение»*. – 2014. – № 5 (25). – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/20TVN514.pdf>. – свободный. – Загл. с экрана. (дата звернення 6.09.2015).
13. *Компьютерная система интерактивного тестирования знаний и умений учащихся* [Текст] / А. Л. Сидоренко, С. А. Раков, А. С. Кулик, А. Г. Чухрай // *Вестник ТИМО*. – 2008. – № 4. – С. 15 – 19.

Поступила в редакцию 6.09.2015, рассмотрена на редколлегии 14.10.2015

## МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ПІЛОТІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

*Н. С. Бакуменко*

У даній статті пропонується модель системи дистанційного навчання (ДН) для ефективної підготовки пілотів, основне призначення якої - самостійна підготовка до задачі іспитів на отримання сертифікатів. Існуючі системи ДН, як правило, спрямовані на вимірювання однієї з компетенцій льотчиків, тоді як в ході підготовки потрібне придбання навичок по безлічі напрямків: аналіз вербальної і числової інформації, визначення рівня володіння англійською мовою, тестування на розпізнавання аварійних ситуацій і т.д. У роботі пропонується модель системи ДН, яка може бути реалізована на базі відкритої платформи Moodle. Розглянуто математичні моделі оцінювання якості підготовки пілотів за множиною компетенцій.

**Ключові слова:** дистанційне навчання, платформи онлайн навчання, тестування, пілоти цивільної авіації, крива навчання.

## MODEL OF DISTANCE LEARNING FOR THE PREPARATION OF CIVIL AVIATION PILOTS

*N. S. Bakumenko*

This article proposes a model of distance learning for the effective training of the pilots, the main purpose of which - independent preparation for examinations for certificates. Existing systems to, as a rule, aimed at measuring one of the competencies of pilots, where as in the preparation of the required skills for a variety of directions: analysis of verbal and numerical information, the definition of English proficiency test for detection of emergencies, etc. In this work system a model are proposed that can be implemented on the basis of an open platform Moodle. Mathematical models of estimating the quality of training pilots are described for a variety of competencies.

**Keywords:** distance learning, online learning platform, testing, pilots of Civil Aviation, the learning curve.

**Бакуменко Ніна Станіславівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри інформатики, Національний аерокосмічний університет ім. Н. Е. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна, e-mail: [nina@bigline.net](mailto:nina@bigline.net).