

УДК 681.5.09

Х. П. МАРТИНЕС БАСТИДА, А. Г. ЧУХРАЙ

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

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ОВЛАДЕНИЯ КОМПОНЕНТАМИ ЗНАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЙЕСОВСКОЙ ОЦЕНКИ И АДАПТИВНОЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В данной статье рассматривается модель и архитектура интеллектуальной обучающей системы с использованием оценки байесовских сетей с целью адаптации педагогических стратегий в соответствии с успеваемостью каждого студента. Целью интеллектуальной обучающей системы является оказание помощи и предложение поддержки в обучении студентов и разработчиков отказоустойчивых систем, которые основываются на сигнально-параметрическом подходе. Компонировка включает в себя студенческую модель, базу знаний, адаптивный педагогический и контрольный модуль, а также модуль презентации. Байесовские сети используются для оценки уровня знаний и навыков студентов с целью адаптации педагогической деятельности и выбора будущих задач в обучающей программе. Модель была применена и испытана в технической интеллектуальной обучающей системе – TITUS.

Ключевые слова: интеллектуальная обучающая система, байесовская сеть, отказоустойчивая система.

Введение

В процессе своей деятельности люди зависят от надежности и исправной работы технологических процессов и систем. Таким образом, разработчики программных и аппаратных средств обязаны включить отказоустойчивую поддержку в каждый проект и, в особенности, в те проекты, где любая поломка системы может привести к серьезным экономическим потерям и, что еще хуже, к человеческим жертвам.

Следовательно, воспитание высококлассных специалистов и разработчиков является важной задачей, к которой следует относиться серьезно, а интеллектуальные обучающие системы показали впечатляющие результаты в помощи обучаемым [1-3].

Интеллектуальные обучающие системы (ИОС) представляют собой компьютерные программы, которые помогают в процессах обучения. Таким образом, эти системы могут применяться в постоянных курсах образования, курсах дистанционного обучения посредством Интернет или приложений, установленных на отдельных компьютерах, которые способствуют получению знаний и предоставляют знания в конкретной предметной области. Они предлагают новые способы образования, которые могут помочь в процессе человеческого обучения или учителям, а также усилить их. ИОС считает каждого студента уникальным. Это приводит к созданию модели пользователя или студенческой модели

[1], которая ведет учет успеваемости, предпочтений и успехов студента в процессе получения знаний.

Важной характеристикой ИОС, повышающей эффективность образовательного процесса, является приспособляемость студента, таким образом, оценка уровня знаний студента требует обоснование неопределенности. Байесовские сети являются довольно широко распространенным и прикладным методом моделирования неопределенности [1, 4]. Данный метод сочетает в себе формализм точных вероятностей с графическим представлением и эффективные механизмы выводов. Таким образом, данный вид гипотез может быть установлен только посредством эмпирической проверки и уточнения.

Для проверки педагогической модели была применена техническая интеллектуальная обучающая система (TITUS) [5, 6]. Для проверки в качестве задачи по предметной области была использована отказоустойчивая система, основанная на сигнально-параметрическом подходе [3, 5].

ИОС в случае с адаптивной педагогической моделью будет направлять студентов, поддерживать их и помогать им получать необходимые компоненты знаний для понимания платформы отказоустойчивой системы, которая основывается на сигнально-параметрическом подходе.

Цель данной работы разработка адаптивной педагогической модели, использующей байесовские сети (БС) для оценки индивидуальности студентов; данная оценка применяется для адаптации педагогических правил в соответствии с успеваемостью каждого студента.

1. Описание и характеристика педагогической модели

Главной особенностью, которая отличает ИОС от большинства традиционных образовательных систем, является ее способность истолковывать действия студентов для поддержки индивидуальной модели рассуждения и обучения студентов (студенческая модель). Следовательно, предопределение того, какие выводы и действия могут быть сделаны студентом при выполнении конкретной задачи, значительно улучшает ту помощь, которую может оказать система, когда студент не знает каким образом действовать дальше [4] или как сохранить конструктивный процесс обучения.

Анализируя обучающую программу как набор задач, каждая из которых может быть решена при помощи одного или нескольких вариантов, предназначения обучающей системы могут быть разделены на два основных контура [1]: внешний контур, касающийся задач, и внутренний контур, касающийся вариантов решения задач.

1.1. Внешний контур

Основной функцией внешнего контура является принятие решения о том, какую задачу студент должен выполнять следующей. Основные вопросы разработки включают в себя:

- грамотный выбор задачи;
- получение огромного набора задач, из которых делается выбор.

Что касается подбора задачи, с целью выбора задач для студента использовались три основных метода. Они указываются в порядке простоты, где самый простой метод указан первым.

1. Внешний контур ставит задачи в определенной последовательности. Такой подход применялся для оценки начального уровня компонентов знаний студентов по предметной области. Затем студенты в первую очередь должны решить или ответить на 17 определенных задач (вопросов) для того чтобы завершить начальную аттестацию.

2. Внешний контур вводит в оборот педагогику под названием «система полного усвоения знаний». Учебный план структурирован как последовательность учебных модулей; задачи в этих учебных модулях имеют последовательность уровней сложности. Когда студент работает над учебным модулем, обучающая система постоянно дает задания из этого учебного модуля до тех пор, пока студент не овладеет полностью всеми знаниями из такого модуля. Только после этого студенту разрешается переходить к следующему учебному модулю. Учебный

план по предметной области распределен на три учебных модуля с серийным педагогическим планом, таким образом, студент должен выучить или освоить предыдущие компоненты знаний для того, чтобы попытаться решить задачи следующих учебных модулей. Задачи распределены на три уровня сложности, начальный уровень каждого учебного модуля является промежуточным уровнем, который изменяется в зависимости от успеваемости студента. Затем, если ответ студента неверный, внешний контур снизит уровень сложности или сохранит его на минимальном уровне, однако с другой стороны, если ответ студента правильный, внешний контур повысит уровень сложности или сохранит его на максимальном уровне.

3. Внешний контур также вводит в действие более сложную педагогику под названием «макроадаптация». Для каждой задачи, которую назначает обучающая система, она запоминает те компоненты знаний, которые требуются задачей. Учитель производит оценку степени овладения студентом каждым компонентом знаний. Когда студент завершил задачу, и учителю требуется подобрать следующую, он делает свой выбор на основании степени овладения студентом компонентами знаний в данном учебном модуле, и он всегда будет выбирать задачи, которые содержат в себе компоненты знаний с наименьшей степенью овладения, которые еще не являются изученными. Используемая модель идет еще дальше: помимо оценки овладения компонентами знаний, она также ведет мониторинг на индивидуальном уровне и подсчитывает количество неверных ответов по каждому компоненту знаний или же ведет подсчет как правильных, так и неправильных ответов в каждой задаче. Таким образом, учитель может сделать вывод не только о том, что студент дал правильный или неправильный ответ, но и определить какие компоненты знаний оказались для студента наиболее сложными, а также определить те задачи, в которых такие компоненты знаний являются необходимыми. Подобная информация используется учителем для выбора задачи, которая поможет студенту устранить его неправильные толкования.

Для того чтобы внешний контур функционировал правильно на протяжении решения всех задач и прохождения сессий, информация о студенте должна храниться на компьютерном диске. Такая систематическая информация часто называется «студенческой моделью». Педагогическая модель также хранит и другую информацию о студенте, например, фамилию, имя и отчество студента, средний бал по каждой задаче, уровень овладения каждым компонентом знаний, названия завершенных задач, время, затраченное на решение каждой задачи, количество

правильных ответов, количество неправильных ответов, количество неправильно примененных попыток отдельно по каждому необходимому компоненту знаний и время сдачи сессии.

Кроме этого, для обеспечения механизма выбора задач был разработан и внедрен набор, состоящий из 43 различных задач, которые разбиты по уровню сложности и разделены на три учебных модуля. Некоторые из этих задач состоят из более чем одного варианта; такая особенность увеличивает набор задач до 212 различных вариантов, которые могут быть даны учителем студентам. В заключение, целью внешнего контура обучающей системы является выбор задач для решения студентом.

1.2. Внутренний контур

В то время как внешний контур касается задач, внутренний контур касается действий или шагов интерфейса пользователя, являющихся частью выполнения задания (решения задачи). В частности, внутренний контур в педагогической модели предоставляет студентам следующие услуги:

- минимальная информация о шаге. Таким образом, учитель указывает только, является ли шаг верным или неверным;

- подсказки в отношении неправильных толкований или ошибок в определенных компонентах знаний;

- уточняющая информация об ошибке в отношении неверного шага. Целью данной информации является помощь студенту в сосредоточении на том, какой шаг или компонент знаний является неверным и как избежать его в дальнейшем.

Услуги предназначены помочь студентам в обучении. Предположим, что внутренний контур вводит в действие «пошаговый анализатор», который применяется для других услуг. Когда ответ студента дан, он проверяет количество раз, которое использовалось для представления данной задачи, количество раз, когда студент неверно ответил на задачу и количество раз, когда студент неправильно использовал необходимые компоненты знаний в текущей задаче и, соответственно, дает некоторую систематизацию информации. В случае представления задачи в первый раз, пошаговый анализатор выдаст минимальную информацию, например, «правильно» или «неправильно». После представления задачи во второй раз пошаговый анализатор произведет оценку ответа студента и определит, не только является ли ответ верным или неверным, но и почему на него был дан неверный ответ; таким образом, в случае правильного ответа будет дана минимальная информация, а в случае неправильного ответа он самостоятельно проанализирует те компо-

ненты знаний, которые были использованы неверно в отношении текущей задачи и выдаст уточняющую подсказку или информацию об ошибке. Например: «Вам необходимо обратить внимание на то, что значение коэффициента передачи или категории неисправности, выбранные Вами, являются неправильными. Статическая характеристика для данной категории неисправности изображена на рисунке, найдите ее». В случае неправильного ответа в третий и последний раз, пошаговый анализатор выдаст уточняющую информацию об ошибке, заставляя студента повторить и выучить соответствующую теорию или информацию для того, чтобы устранить недостатки в отношении соответствующих компонентов знаний и избежать их повторения в дальнейшем.

Педагогическая модель выдает только отложенные подсказки или информацию в соответствии с процедурами, рассмотренными ранее. Поэтому она представит правильную информацию только после того, как студент даст свой ответ. Внутренний контур использует пошаговый анализатор для анализа и оценки ответов студента, эти ответы и каждое верное или неверное действие сохранится в модели студента для дальнейшего использования как внешним, так и внутренним контуром.

2. Байесовская оценка овладения компонентами знаний

Внутренний контур часто применяется для оценки овладения знаниями студентом, а также для оценки других постоянных характерных черт студента. Услуга аттестации независимым образом внедрена из других видов уже рассмотренных услуг, однако ее применение тесно переплетается между ними и внешним контуром. Данная услуга анализирует и оценивает знания и навыки студента.

Услуга аттестации разработана таким образом, что учителя, студенты и сама обучающая система могут пользоваться ею. Например, учителя могут определять отстающих студентов, которых выделяет для них обучающая система в начале семестра, поэтому они могут уделять таким студентам больше внимания. Студенты могут вести мониторинг самих себя, таким образом, управляя своим собственным обучением. Обучающей системе требуется данная информация для принятия решений.

Учитель принимает множество незначительных решений в соответствии с аттестацией. Адаптивная педагогическая модель, внедренная в обучающую программу, ставит задачу, в которой применяются несколько неусвоенных компонентов знаний; таким образом, она предоставляет вероятность овладения каждым соответствующими компонентами знаний в задаче.

Для проведения диагностики неверных шагов, неправильного применения компонентов знаний и неправильных учебных мероприятий, другими словами, для аттестации студентов, учитель применяет байесовские сети для оценки овладения компонентами знаний [6, 7]. Таким образом, процесс аттестации включает в себя обновление набора вероятностей овладения, основываясь на ответах студента, которые получены из их пошаговых попыток.

Байесовская сеть изображена на рис. 1. Она состоит из узлов и направленных связей, где узлы представляют собой переменные, а связи представляют собой условные зависимости между ними. Предлагается использовать узлы для представления овладения компонентами знаний (K_{i_j}), и пусть каждый узел имеет два значения: освоенное и неосвоенное.

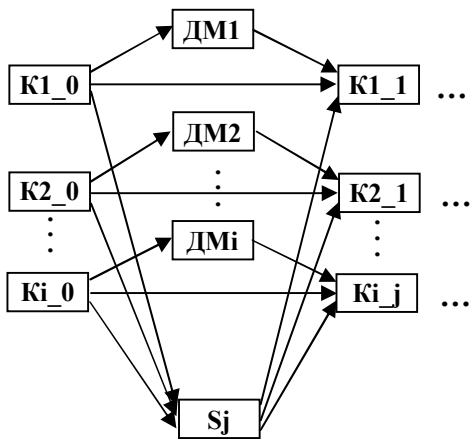


Рис. 1. Структура байесовской сети

Пусть $P(K_{i_j})$ обозначает вероятность овладения компонентом знаний i сразу после шага j (S_j). Пусть K_{i_0} обозначает априорную вероятность овладения компонентом знаний i до выполнения какого-либо шага, а K_{i_1} обозначает вероятность овладения после выполнения шага. Пусть узлы DM_i являются диагностическими моделями, которые требуются для мониторинга апостериорных вероятностей и влияния на них по каждому соответствующему компоненту знаний после выполнения шага S_j , воздействуя самостоятельно на апостериорные вероятности овладения каждым компонентом знаний [6].

Данный подход предполагает, что каждый шаг или задача зависит от индивидуальных компонентов знаний. Другими словами, набор компонентов знаний, относящихся к шагу, представляет собой индивидуальные когнитивные процессы, которые в момент решения задачи могут быть применены независимо друг от друга, поэтому их апостериорная вероятность должна быть оценена отдельно.

Например, когда шаг является неверным, и шаг зависит более чем от одного компонента знаний, существует вероятность того, что некоторые компоненты знаний могут быть применены правильно, а другие неправильно.

Следовательно, пошаговый анализатор сможет оценить каждый соответствующий компонент знаний в шаге, определить соответствующие действия путем активизации соответствующего DM_i компонентов знаний, примененных неверно, снижая их вероятности больше, чем те, что были применены верно. Экспериментальный результат с помощью GeNIe© [7] изображен на рис. 2.

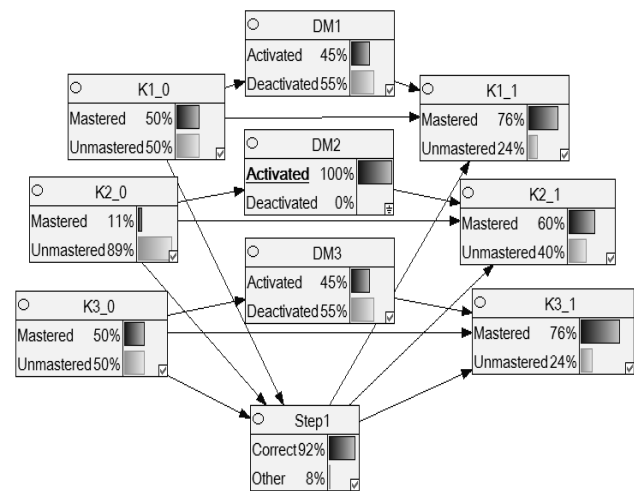


Рис. 2. Оценка при неправильном ответе и активизированной диагностической модели

3. Тестирование и результаты адаптивной педагогической модели

Для проверки эффективности адаптивной педагогической модели было проведено тестирование. Модель была применена с помощью [4], и в тестировании приняли участие 19 студентов. Тестирование проходило следующим образом:

- 1) была проведена оценка уровня овладения каждым компонентом знаний каждого студента;
- 2) студенты применяли адаптивную педагогическую модель для того, чтобы овладеть предметной областью;
- 3) была проведена повторная оценка овладения компонентами знаний.

На рис. 3 показано как студенты увеличили свой уровень овладения компонентом знаний.

На рис. 4 представлено общее, правильное и неправильное количество попыток по каждой задаче. Различия между попытками показывают, что педагогическая модель адаптивно предоставляла задачи студентам в соответствии с их успеваемостью.

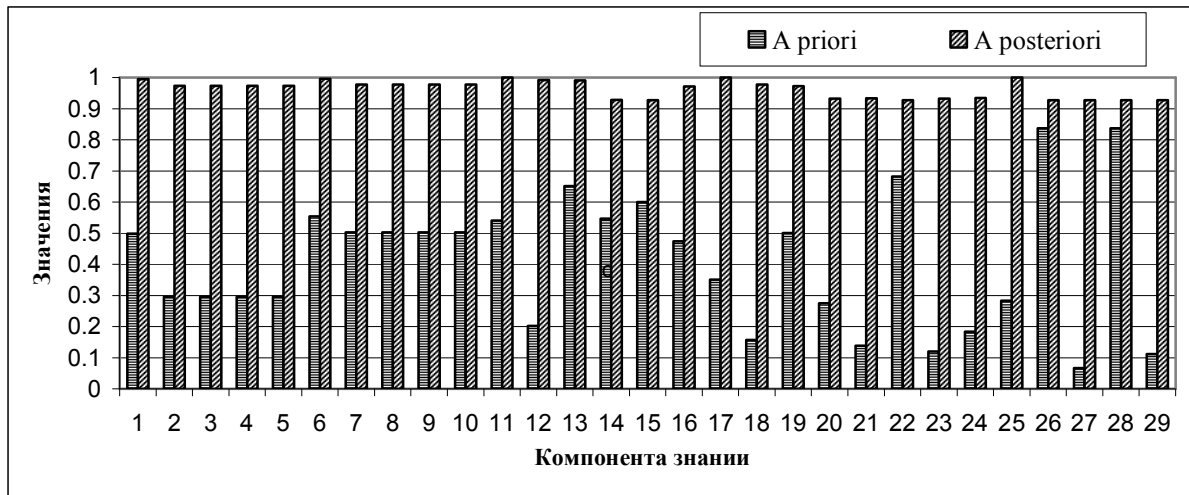


Рис. 3. Средний балл компонентов знаний (a priori и a posteriori)

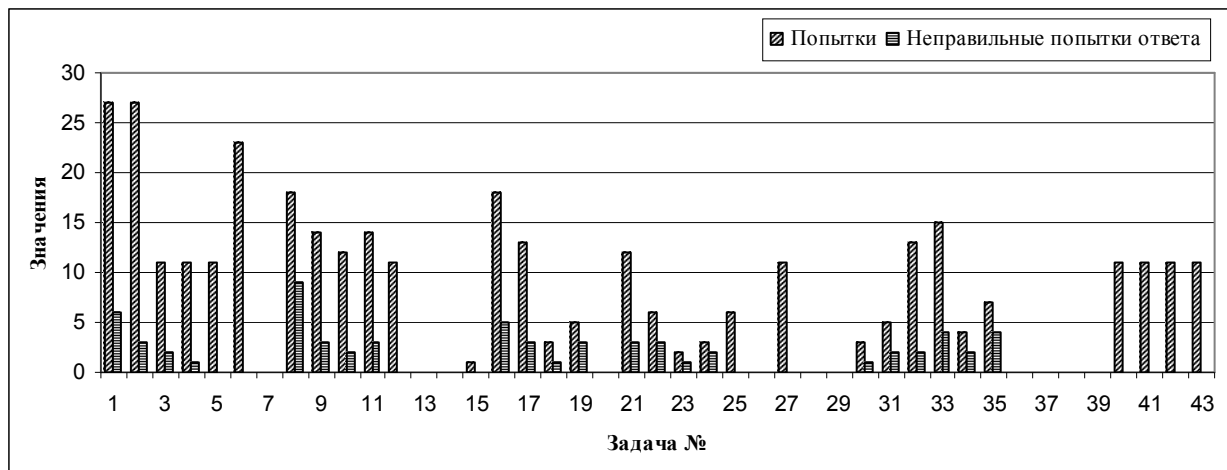


Рис. 4. Правильные и неправильные попытки за каждое задание

Выводы

В данной статье рассмотрен особый вид адаптивной педагогической модели, используемой в ИОС, которая помогает студентам решать задачи различного вида. Главной идеей применения байесовских сетей является оценка и адаптивное принятие педагогических решений с целью повышения скорости обучения студентов, что и было продемонстрировано в последнем разделе. Модель также предоставляет возможность оценки успеваемости студентов путем оценки вероятностей овладения отдельными компонентами знаний.

Было доказано, что данная модель оказала положительное влияние на успеваемость студентов, и она является надежным способом по оказанию поддержки и помощи студентам в процессе обучения. Кроме этого, она может использоваться как общая платформа для внедрения в различные предметные области.

Литература

1. VanLehn, K. *The Behavior of Tutoring Systems [Text]* / K. VanLehn // *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. – 2006. – Vol. 16, №. 3. – P. 227-265.
2. VanLehn, K. *Intelligent Tutoring Systems for Continuous, Embedded Assessment [Text]* / K. VanLehn // *The future of assessment: Shaping teaching and learning*. – 2008. – P. 113–138.
3. Kulik, A. S. *A teaching platform for fault tolerant systems developers [Text]* / A. S. Kulik, A. G. Chukhray, J. P. Martinez Bastida // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2012. – № 1 (88). – С. 52-60.
4. Martinez Bastida, J. P. *A learning platform for developers of faults-tolerant systems based on the signal-parametric approach [Text]* / J. P. Martinez Bastida, A. G. Chukhray, E. V. Gavrilenko // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2014. – № 4 (68). – С. 40-46.

5. Kulik, A. S. *An improved fault-tolerant algorithm for a gyroscopic sensors unit [Text]* / A. S. Kulik, J. P. Martinez Bastida, // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2012. – № 1 (88). – С. 52-60.

6. Чухрай, А. Г. *Методологические основы интеллектуальных компьютерных программ, обучающих решению алгоритмических задач [Текст]* :

дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06 ; защищена 14.03.2014 / Чухрай Андрей Григорьевич. – Х., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», 2013. – С. 104-118.

7. GeNie & Smile. *Decision Systems Laboratory, University of Pittsburgh [Electronic resource]*. – Access mode: <http://genie.sis.pitt.edu>. – 08.06.2015.

Поступила в редакцию 9.09.2015, рассмотрена на редколлегии 11.09.2015

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ОПАНУВАННЯ КОМПОНЕНТАМИ ЗНАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ БАЙЄСІВСЬКОЇ ОЦІНКИ ТА АДАПТАЦІЙНОЇ ПЕДАГОГІЧНОЇ МОДЕЛІ

Х. П. Мартінес Бастіда, А. Г. Чухрай

У цій статті розглядається модель та архітектура інтелектуальної навчальної системи з використанням оцінки байєсівських мереж з метою адаптації педагогічних стратегій згідно з успішністю кожного студента. Метою інтелектуальної навчальної системи є надання допомоги і пропозиція підтримки у навчанні студентів та розробників відмовостійких систем, які ґрунтуються на сигнально-параметричному підході. Компонування включає в себе студентську модель, базу знань, адаптивний педагогічний та контрольний модуль, а також модуль презентації. Байєсівські мережі використовуються для оцінювання рівня знань та навичок студентів з метою адаптації педагогічної діяльності та вибору майбутніх задач у навчальній програмі. Ця модель була застосована та випробувана у технічній інтелектуальній навчальній системі – TITUS.

Ключові слова: інтелектуальна навчальна система, байєсівська мережа, система відмовостійкості.

INCREASING MASTERY OF KNOWLEDGE COMPONENTS WITH A BAYESIAN ASSESMENT AND AN ADAPTIVE PEDAGOGICAL MODEL

J. P. Martinez Bastida, A. G. Chukhray

This paper proposes a model and architecture for an intelligent tutoring system using Bayesian Networks assessment in order to adapt the pedagogical strategies accordingly to the performance of each student. The intelligent tutoring system is intended to assist and offer learning support to students and developers of fault-tolerant systems under the signal-parametric approach. The architecture is composed by a student model, a knowledge base, an adaptive pedagogical and control module and a presentation module. Bayesian Networks are used to assess student's level of knowledge and skills, in order to adapt pedagogical actions and choose future tasks in the tutor. The model was implemented and tested in a Technical Intellectual Tutoring System – TITUS.

Keywords: intelligent tutoring system, bayesian network, fault-tolerant system.

Мартінес Бастіда Хуан Пабло – аспірант кафедри «Системи управління летательними аппаратами», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: jpbastida@hotmail.com.

Чухрай Андрей Григорьевич – д-р техн. наук, доц., доцент кафедри «Системи управління летательними аппаратами», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: achukhray@gmail.com.