



Обучение динамическим системам и управлению без динамики

Доктор Райан В. Краусс, Американское общество инженеров-механиков

Доктор Краусс получил докторскую степень, получил степень бакалавра машиностроения в Технологическом институте Джорджии в 2006 году. Его исследовательские интересы включают моделирование и разработку систем управления для гибких роботов, управление с обратной связью и микроконтроллерные системы. внедрение систем управления с обратной связью. Помимо введения первокурсников в курс инженерного проектирования, он преподавал курсы по мехатронике, управлению, вибрации, динамике и робототехнике, а также старший дизайн.

Доктор Арджуманд Али, Государственный университет Гранд-Вэлли

Эми Л. Ленц, Государственный университет Гранд-Вэлли

Эми Ленц — преподаватель машиностроения в Государственном университете Гранд-Вэлли, преподает динамические системы и средства управления.

Обучение динамическим системам и управлению без динамики

Абстрактный

В этой незавершенной работе исследуется, возможно ли эффективно преподавать динамические системы и управление студентам, которые не изучают динамику. Государственный университет Гранд-Вэлли предлагает две разные версии курса по динамическим системам и управлению для младшего уровня. Одна версия предназначена для специальностей машиностроения и требует в качестве предварительного условия динамику; другая версия предназначена для специальностей «Проектирование продуктов и технология производства» (PDM) и не требует динамики в качестве предварительного условия. Результаты обучения студентов этих двух разных курсов сравниваются с помощью общих вопросов выпускного экзамена и общих лабораторных занятий. В этой статье представлена базовая оценка того, могут ли студенты, не изучающие динамику, получить четкое представление о динамике недостаточно демпфированных систем второго порядка, а также предварительное исследование эффективности нескольких стратегий обучения динамическим системам. В этой статье также представлены результаты онлайн-опроса о том, как курс повлиял на отношение студентов к компьютерному программированию и на оценку ими своих навыков программирования.

Введение и предыстория

В этой работе, находящейся в стадии разработки, представлены как эталоны, так и оценка первоначальных стратегий обучения динамическим системам и управлению студентам, которые не изучают динамику. Эталонный тест проводится путем сравнения результатов обучения студентов между двумя различными версиями курса динамических систем и контроля для младшего уровня: одной, в которой динамика является обязательным условием, и другой, которая нет.

Программа Product Design and Manufacturing Engineering (PDM) в Государственном университете Гранд-Вэлли представляет собой гибрид машиностроения и производственного инжиниринга с упором на дизайн и разработку новых продуктов. Из-за проблем с размещением всего желаемого содержания учащиеся программы PDM не изучают динамику. Предпосылками для PDM-версии динамических систем и курса управления являются физика и дифференциальные уравнения.

Системная динамика по-прежнему может быть сложной задачей даже для студентов, которые хорошо справились с динамикой, и не все концепции, преподаваемые в динамике, необходимы для системной динамики^{1,2}. Однако некоторые темы,

например, нахождение передаточной функции для систем масса/пружина/демпфер будет проще для студентов, изучающих динамику.

Для углубления понимания учащимися динамических систем использовался комплекс обучающих стратегий, с особым акцентом на недостаточно демпфированные системы второго порядка. Используемые стратегии включали дополнительное и полуперевернутое обучение, модули онлайн-обучения, экспериментальные демонстрации в классе и практические физические эксперименты.

Вопросы педагогических исследований

Основной вопрос, который пытается исследовать эта статья, заключается в том, можно ли эффективно преподавать динамические системы студентам, которые не изучают динамику. Второстепенный вопрос заключается в том, существует ли разница в отношении или самооэффективности студентов, связанных с задачами программирования, связанными с динамическими системами и управлением, если они используют Python и интерфейс ноутбука Jupyter, а не Matlab®.

Литературный обзор

Курсы по динамическим системам и управлению могут быть абстрактными, математически интенсивными и трудными для преподавания. Педагоги и исследователи использовали множество подходов к решению этой проблемы. Было показано, что физические эксперименты имеют значительную педагогическую [ценность](#)^{3,4,5,6,7}. Стоимость оборудования, требования к пространству и другие проблемы университетских контрольных лабораторий вызвали значительный интерес к контрольным экспериментам, проводимым студентами^{8,9,10}. Акцент на контрольных экспериментах, проводимых студентами, привел к появлению множества новых платформ, таких как небольшое роботизированное транспортное средство со специальной платой микроконтроллера¹¹ и 3D-печатный эксперимент по балансированию мяча на тарелке¹². Другие преподаватели использовали обширное моделирование¹³ и тактильную технику¹⁴ для обогащения динамических систем и курсов управления.

Обилие онлайн-видео по темам, связанным с контролем, а также относительная легкость, с которой преподаватели могут создавать и распространять свои собственные видеолекции, поставили под вопрос, как лучше всего использовать время очного обучения. Один из ответов на этот вопрос — «перевернуть» курс, попросив студентов просмотреть лекцию заранее, а затем использовать время занятий для обширных примеров или активных учебных занятий. Перевернутое обучение может быть особенно полезным на курсах, связанных с управлением, поскольку оно гарантирует, что учащиеся по-прежнему получают адекватные инструкции по теории управления, одновременно уделяя время сложным экспериментальным проектам. Как сообщают де ла Круа и Эгерстедт, студенты, которым дают сложные проекты, но недостаточно изучают теорию управления, часто создают сложные алгоритмы управления, которые не являются надежными¹⁵. И наоборот, студенты, которые изучают теорию управления, но не получают экспериментальных проектов, часто испытывают трудности с реализацией изученной теории.

Перевернутое обучение может оказаться особенно эффективным, если оно дополнено недорогими и простыми в реализации экспериментами. Ключевой задачей при разработке соответствующих экспериментов является снижение затрат и при этом не дать студентам потеряться в деталях реализации. Хилл спроектировал и

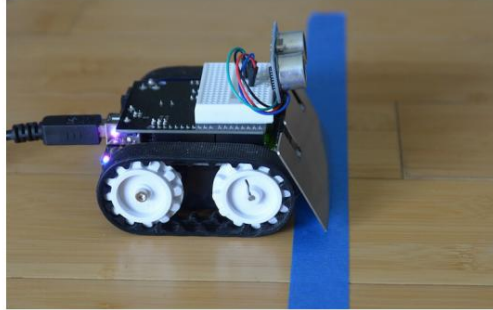


Рис. 1. Изображение шасси робота Zumo и датчика гидролокатора, а также стопорной линии из малярной ленты.

представил серию таких экспериментов, в которых плата микроконтроллера Arduino сочеталась с Matlab и использовал их в перевернутом курсе динамических систем и управления¹⁶.

Педагогические инновации

На каком-то уровне эта статья служит ориентиром для того, чтобы увидеть, насколько хорошо студенты PDM, которые не изучают динамику, понимают системную динамику и контроль по сравнению со студентами ME, которые изучают динамику в качестве предварительного условия. Кроме того, в этой статье исследуется эффективность некоторых первоначальных педагогических инноваций для обучения динамике и управлению системой. Далее описываются педагогические новации.

Вводная демонстрация

Лекция/демонстрация первого дня была разработана для версии курса PDM, чтобы мотивировать студентов и заложить основу для их обучения. Поскольку студенты ДПМ не изучают динамику, казалось особенно важным помочь им понять, что подразумевается под терминами «динамические системы» и «управление».

В демонстрации используется шасси робота Zumo на базе Arduino и гидролокационный датчик. Вся система стоит примерно 125 долларов. Цель состоит в том, чтобы заставить робота остановиться на заданном расстоянии от стены, как показано на рисунке 1. Чтобы начать тест, робота отодвигают от линии и подается команда с помощью последовательного монитора Arduino. Первоначально используется простое управление включением/выключением, которое выключает двигатели, когда робот достигает линии. Неудивительно, что робот проезжает мимо стоп-линии, что приводит к обсуждению инерции и того, как ее учитывать при моделировании системы. Затем учащихся спрашивают, как улучшить систему, и обсуждение направляется на использование сонара для определения скорости двигателя. В какой-то момент предпринимается попытка пропорционального контроля. Результаты испытаний пропорционального управления показаны на рисунке 2. Демонстрацию легко провести в классе, требуется только бесплатное программное обеспечение Arduino и иллюстрируются основные компоненты системы управления с обратной связью. Оценка эффективности демо-версии будет представлена далее в статье.

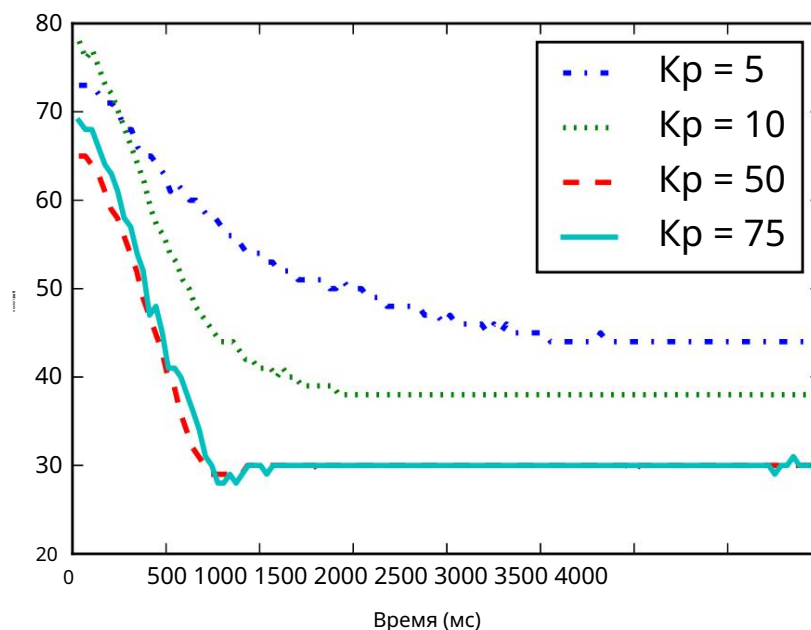


Рисунок 2: Результаты испытаний пропорционального управления для автомобиля-гидролокатора с различными значениями K_p и желаемой точкой остановки в 30 см от стены.

Полуперевернутые инструкции и обзорные видео

В разделе курса PDM использовались видеолекции онлайн. Из-за времени, когда видео были разработаны и опубликованы в Интернете, они не привели к по-настоящему перевернутым лекциям. Видео содержали больше обзорного контента, чем что-либо еще. Однако считается, что каждый учащийся просмотрел обзорные видеоролики хотя бы один раз перед промежуточным семестром, поскольку количество просмотров каждого видео превысило количество учащихся в классе вскоре после загрузки видеороликов.

Без каких-либо подсказок со стороны преподавателя два разных студента прокомментировали свои оценки курса, что урок следует проводить в перевернутом формате. В ответ на это был создан онлайн-опрос, и 64% респондентов заявили, что большинство лекций следует перевернуть, а 9% заявили, что следует перевернуть все лекции. Перевернутые лекции будут в большей степени включены в следующий курс курса.

Лабораторная деятельность

Обе версии курса включают лабораторную работу, однако содержание лабораторной работы в обеих версиях не идентично.

Во многих лабораторных работах по версии курса PDM использовалась система двигателя/энкодера постоянного тока, показанная на рисунке 3. Двигатель приводится в движение микросхемой H-моста, подключенной либо к аккумуляторной батарее, либо к источнику питания. Arduino Uno используется для чтения сигналов энкодера, выполнения управляющих вычислений, обеспечения работы контроллера в реальном времени и отправки сигнала ШИМ на H-мост. Arduino печатает данные ASCII с разделителями на последовательный монитор, которые затем можно скопировать и вставить в текстовый редактор или программу работы с электронными таблицами для построения графиков и анализа данных, например, сравнения с моделированием. Программное обеспечение Arduino — это все, что необходимо для работы в режиме реального времени.

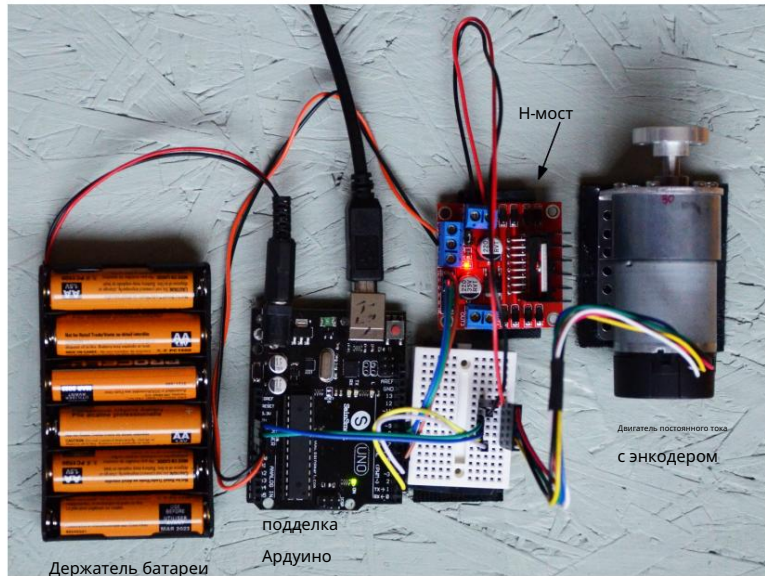


Рисунок 3: Система двигателя постоянного тока/энкодера/H-моста, используемая во многих лабораторных работах в версии курса PDM и в лабораторных занятиях общего корневого локуса.

экспериментировать и собирать данные.

Систему двигателя постоянного тока можно использовать как минимум для 6 активных обучающих экспериментов:

1. Использование прерываний для декодирования сигналов энкодера
2. Выявление и компенсация зоны нечувствительности
3. Идентификация системы во временной области
4. ПИД-настройка
5. Дизайн контроля корневого очага
6. Частотная характеристика

Система двигателя постоянного тока может показаться простой инструкторам, обладающим значительным экспериментальным опытом, но студенты или преподаватели с небольшим опытом могут собрать ее, и из нее можно многому научиться. Экспериментальную систему можно построить примерно за 75 долларов за лабораторную станцию. Стоимость и происхождение компонентов указаны в таблице 1.

Кроме того, в лаборатории частотных характеристик к двигателям постоянного тока были прикреплены напечатанные на 3D-принтере гибкие балки с недорогими акселерометрами. Некоторые лабораторные группы смогли построить графики Боде для этой лаборатории, но это задание необходимо уточнить перед следующим предложением курса.

Использование модуля Python-Control для проверки обратного анализа Лапласа

Похоже, что студенты секции ДПМ в начале курса испытывали трудности с первоначальной теорией Лапласа. Чтобы бороться с этим, инструктор создал учебное пособие и онлайн-видео о том, как использовать

Таблица 1: Стоимость и источник компонентов системы двигатель постоянного тока/энкодер

Источник питания	Двигатель постоянного тока с	Расходы
энкодером pololu.com \$37	Монтажный кронштейн двигателя	
pololu.com \$4 H-Bridge	amazon.com \$7	amazon.com \$11 Блок питания
(2 A, 5 V) amazon.com \$11	Макетная плата Uno и перемычки	
	amazon.com \$5	

метод `pulse_response` модуля управления Python для численной проверки решения любой обратной задачи Лапласа. Чтобы помочь студентам подготовиться к промежуточному семестру, каждый студент должен был составить свою собственную обратную задачу Лапласа или дифференциальное уравнение, а затем опубликовать решение вместе с числовой проверкой. Их решение, скорее всего, будет разработано вручную. Этот подход привел к созданию 20 практических задач непосредственно перед промежуточным экзаменом и, по-видимому, поможет студентам, наконец, освоиться с анализом Лапласа, особенно с разложением частных дробей и обратным Лапласом.

Генераторы случайных задач Боде и корневого годографа

Последнее нововведение заключалось в использовании Python, чтобы помочь студентам подготовиться к выпускному экзамену. Преподаватель создал код Python для интеллектуальной генерации случайных корневых годографов и практических задач Боде. Генераторы случайных задач были интеллектуальными в том смысле, что код пытается сгенерировать «хорошие» передаточные функции для задач, а не просто генерировать чисто случайную передаточную функцию.

Оба генератора случайных передаточных функций создают строго правильные передаточные функции. Генератор корневых годографов создает передаточные функции не более чем с одной парой комплексно-сопряженных полюсов и до пяти полных полюсов. Допускается не более одного неустойчивого столба. Допускаются только действительные нули. Эти ограничения могут быть скорректированы в соответствии с предпочтениями преподавателя.

Чтобы помочь студентам, которые впервые изучают графики Боде, полезно, если полюса и нули расположены достаточно хорошо. Для этого генератор Боде разделяет диапазон частот на декады, и ни в одной декаде не допускается наличие одновременно полюсов и нулей. Каждое десятилетие может иметь либо один действительный полюс или ноль, либо одну комплексно-сопряженную пару полюсов или нулей. Также возможно в течение десятилетия не иметь ни полюсов, ни нулей.

Генератор случайных задач Боде можно использовать двумя способами:

1. Студент может позволить коду показать ему передаточную функцию, и тогда он нарисовал бы соответствующий график Боде.
2. Студент может поручить программе сгенерировать график Боде, не показывая ему передаточную функцию, и они могут оценить передаточную функцию на основе графика Боде (т.е. идентификация системы).

Подход к оценке и результаты

Эталон и оценка, представленные в этой статье, были выполнены путем сравнения результатов обучения студентов между двумя версиями курса (PDM и ME) с помощью общих вопросов выпускного экзамена, общего лабораторного задания по корневому локусу, опросов, связанных с вводной демонстрацией, и опроса. сравнение отношения студентов к программированию.

Раздел «Машиностроение» (ME), в котором динамика является обязательным условием, считается примером типичных динамических систем и курса управления. Если студенты, не изучающие динамику, смогут достичь такой же глубины понимания системной динамики, как и студенты МЭ, то эту работу можно будет считать успешной.

Демо-оценка первого дня

Эффективность лекции/демо-презентации первого дня оценивалась двумя способами. Во-первых, в начале и в конце первой лекции студентам был предложен опрос в реальном времени, в котором их спрашивали, насколько они в восторге от курса. Это было сделано с помощью сайта Directpoll.com, а студенты отвечали на своих телефонах, планшетах или ноутбуках. Результаты показаны на рисунке 4. Кроме того, до и после первого дня лекции/демонстрации студентам был предоставлен онлайн-опрос, в котором им предлагалось дать определение терминам «динамические системы» и «управление». Встречаемость различных ключевых слов в ответах студентов на вопросы представлена на рисунках 5 и 6. Определения студентов расплывчаты до первого дня лекции/демонстрации и становятся более конкретными после. В обсуждении после демонстрации было отмечено, что для механических систем второй закон Ньютона является ключевым, и что ускорение и масса должны быть ненулевыми, чтобы систему можно было считать динамической. Обратите внимание, что на курсе PDM анкету заполнил 21 студент.

Онлайн-опрос также был проведен студентам ME после двух недель лекций. Студенты секции МЭ не видели демонстрацию, а преподаватель этой секции не читал лекций по определениям динамических систем и управления. Похоже, что студенты, посмотревшие демонстрацию, имеют более конкретное представление о том, что такое динамическая система, чем те, кто ее не видел.

Распространенные экзаменационные вопросы

Четыре вопроса выпускного экзамена были обычными. Каждый инструктор также добавил несколько дополнительных вопросов, специфичных для его версии. На версию курса PDM было зачислено 20 студентов. Для оценки был выбран один раздел, содержащий 26 студентов из версии ME. Следует отметить, что вопросы 2 и 3, по сути, предлагают учащимся работать в обратном порядке по сравнению с задачами, заданными в домашних заданиях или выполненными в качестве примеров в классе. Никто из преподавателей не просил студентов решать задачи, подобные вопросам 2 и 3, перед финальным экзаменом.

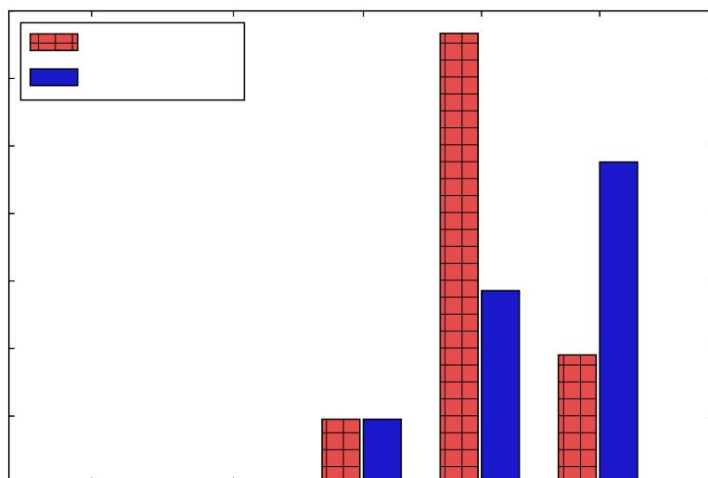


Рисунок 4. Гистограмма ответов студентов об их интересе к курсу до и после первого дня демонстрации/лекции.

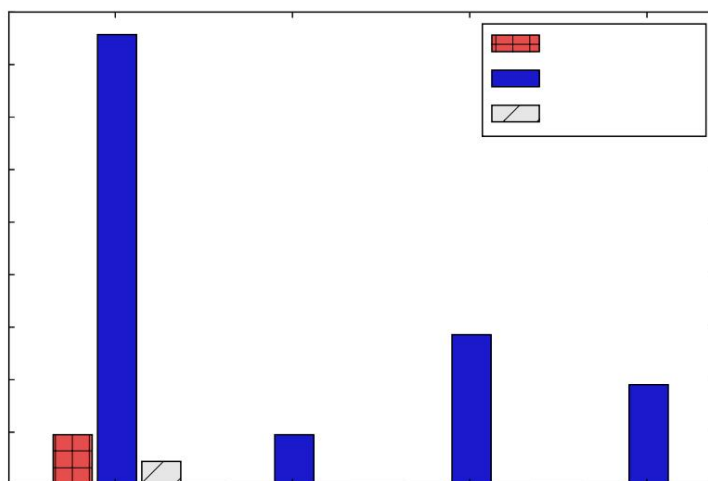


Рисунок 5: Гистограмма встречаемости ключевых слов в ответах студентов на вопрос «Что такое динамическая система?».

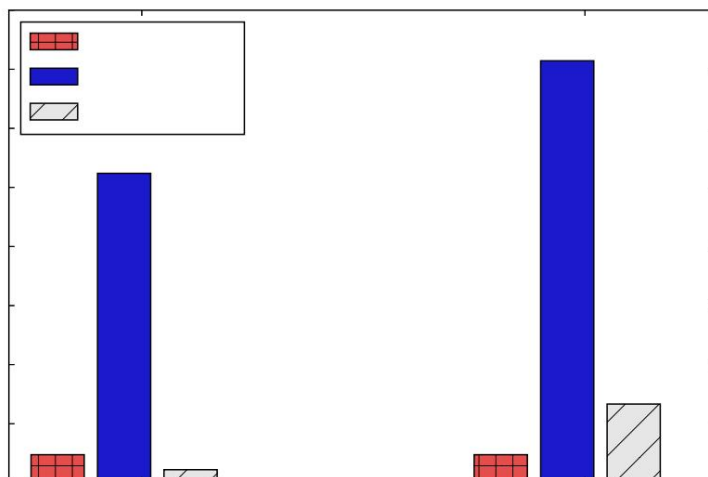


Рисунок 6. Гистограмма встречаемости ключевых слов в ответах учащихся на вопрос «Что в этом классе мы подразумеваем под словом «контроль»?».

Вопрос 1

Вопрос 1 оценивает понимание учащимися взаимосвязи между расположением полюсов и переходными реакциями для систем второго порядка. Две системы имеют недостаточное демпфирование, а две — чрезмерное.

Учащимся предлагается сопоставить переходные характеристики, показанные на рисунке 7, с расположением полюсов, показанных на рисунке 8. Студентов также просят обосновать свой выбор.

Вопрос 1. Постановка задачи.

- Сопоставьте системы 1–4 с их рекламной переходных характеристик и обоснуйте свое решение. выбор.

– Обратите внимание, что рисунки 7 и 8 были напечатаны непосредственно под формулировкой проблемы на экзамен.

Оценка по вопросу 1 На рисунке 9 показан процент студентов ME и PDM, правильно сопоставивших системы со своими пошаговыми реакциями. При оценке системы с недостаточным и избыточным демпфированием были сгруппированы вместе. Студенты обеих групп очень хорошо справились с системами с недостаточным демпфированием. Системы с чрезмерным демпфированием оказались более сложными, особенно для студентов PDM. Таким образом, понимание систем с чрезмерным демпфированием является областью для улучшения в следующем предложении версии курса PDM.

Аргументация выбора студентами систем с повышенным демпфированием также показала различия между двумя версиями курса. Тридцать один процент студентов ME отметили, что система 3 имеет самый медленный полюс, в то время как никто из студентов PDM не упомянул об этом. Студенты PDM, которые правильно выбрали системы с чрезмерным демпфированием, отметили, что система 3 имеет более высокий уровень

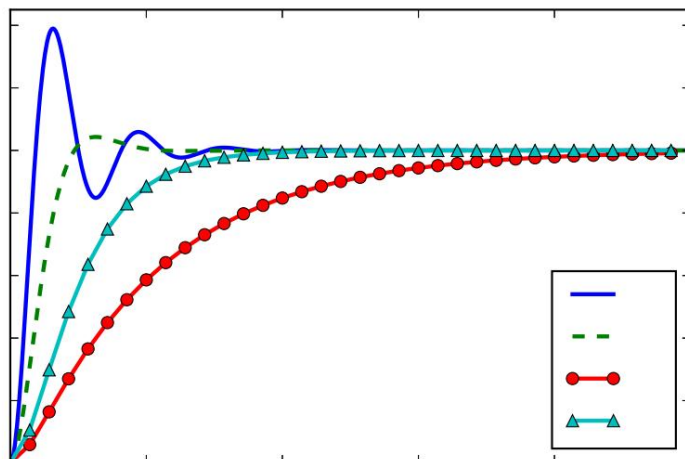


Рисунок 7. Переходные характеристики систем для задачи 1, которые необходимо сопоставить с показанными местоположениями полюсов. на рисунке 8

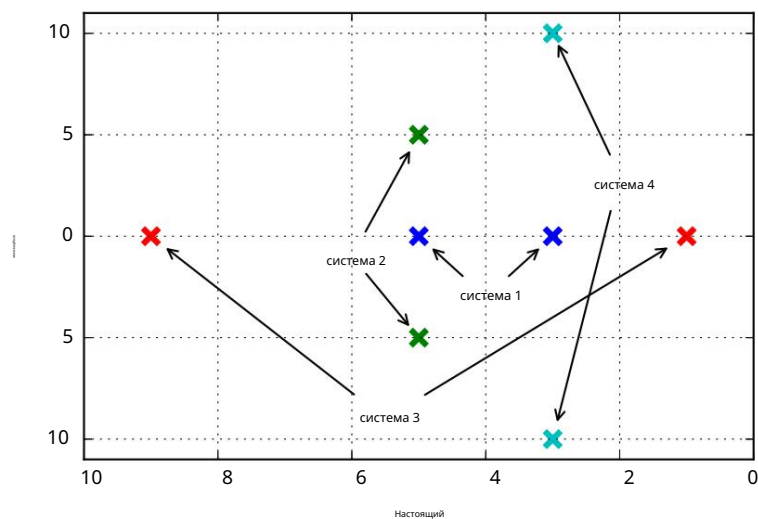


Рисунок 8: Расположение опор для систем для проблемы 1 должно быть сопоставлено с расположением опор, показанным на рисунке. на рисунке 7

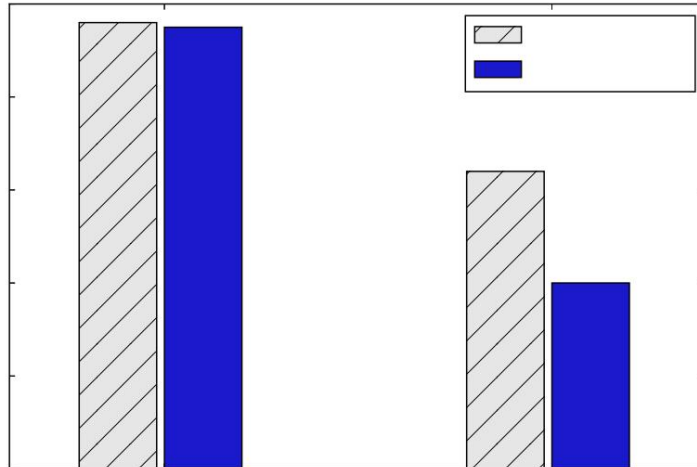


Рисунок 9. Гистограмма для вопроса 1 итогового экзамена.

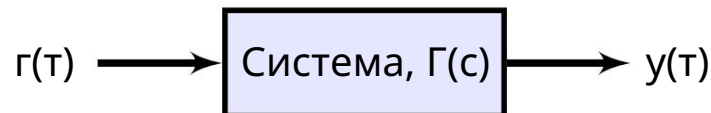


Рисунок 10: Черный ящик ввода/вывода для вопроса 2.

демпфирование, чем система 1. Хотя в некотором смысле это верно, это отражает меньшее понимание, чем разговоры о том, какой полюс первого порядка самый медленный.

вопрос 2

Вопрос 2 носит в некоторой степени философский характер и исследует понимание студентами определения передаточной функции. Студентам дают выражения входных и выходных данных системы во временной области и просят найти передаточную функцию. Если учащиеся помнят, что передаточная функция — это преобразование Лапласа выходного сигнала, деленное на преобразование Лапласа входного сигнала, эта задача должна быть довольно простой. В идеале студенты также должны помнить о предпочтениях преподавателей, согласно которым передаточная функция задается в виде правильной дроби с одним многочленом от s в числителе и одним многочленом в знаменателе.

Вопрос 2. Постановка задачи.

- Вам дан черный ящик и необходимо найти его передаточную функцию (см. рисунок 10). Если в систему подается входной сигнал $r(t) = 1$ для $t > 0$, выходной сигнал равен $y(t) = t - (1/3)\sin(3t)$.
- Начальные условия равны нулю. Определить передаточную функцию.

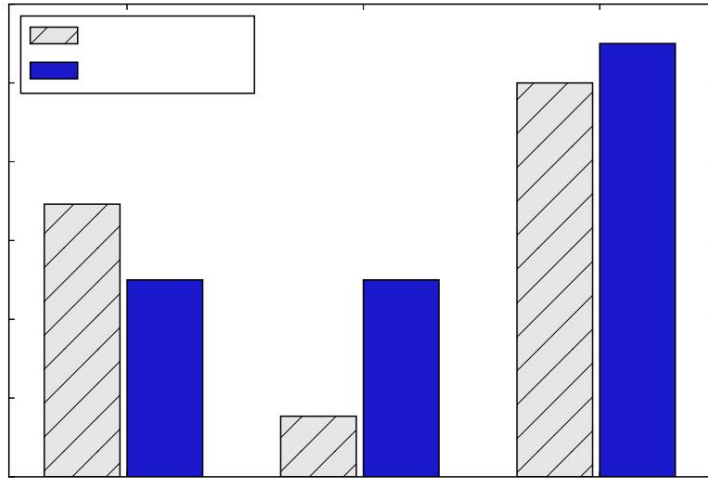


Рисунок 11. Гистограмма для вопроса 2 итогового экзамена.

Оценка по вопросу 2. Процентная доля каждого раздела, правильно находящего передаточную функцию и правильно находящего преобразование Лапласа входных и выходных данных, показана на рисунке 11.

Интересно, что 8 из 20 студентов ДПМ пытались вывести передаточную функцию из той или иной формы обратного разложения простейших дробей. Этот подход можно интерпретировать либо как творческое решение проблем, либо просто как попытку использовать основной подход Лапласа (разложение частных дробей) для решения проблемы, для которой он на самом деле не подходит. Ни один студент МЕ не пробовал использовать этот подход.

Это кажется довольно сложной концептуальной проблемой, если студентам никогда не задавали подобный вопрос.

Вопрос 3

В вопросе 3 учащимся предлагается интерпретировать корневой locus. В ходе домашних заданий и лабораторных занятий учащихся просили зарисовать корневые locus или создать их с помощью компьютера. Перед выпускным экзаменом студентов не просили найти передаточную функцию из корневого locus, и им не задавали напрямую вопросы интерпретации, которые были на выпускном экзамене.

Вопрос 3. Постановка задачи.

- Учитывая корневой locus, показанный на рисунке 12:
 - а. Найдите соответствующую передаточную функцию контура G^* .
 - б. Определите части корневого locus, где система имеет колебательные корни.
 - в. Будет ли эта система устойчивой при любом выборе коэффициента усиления K ? Если нет, определите части корневого locus, в которых система становится нестабильной.

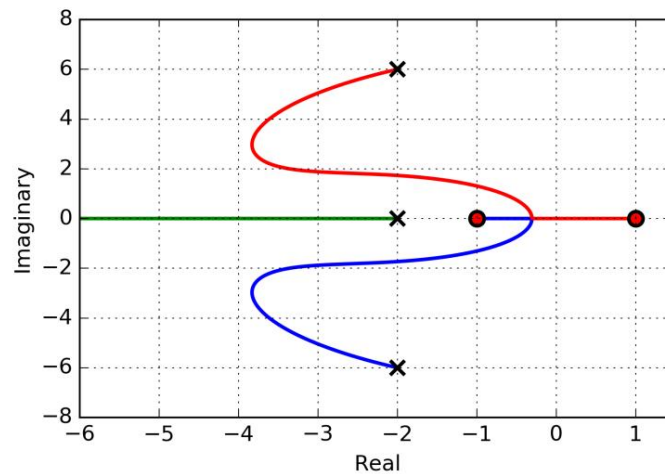


Рисунок 12: Корневой locus для вопроса 3 итогового экзамена.

д. Возможно ли, чтобы эта система имела стабильный, неколебательный отклик? Если да, определите, где будут доминирующие полюса такого ответа.

Оценка по вопросу 3. Процентная доля каждого раздела, давшего правильные ответы по запчастям, показана на рисунке 13.

Студенты как ME, так и PDM работали над общим лабораторным заданием по корневому locus. Стоит отметить, что студенты ДПМ помимо лабораторной прослушали несколько лекций и выполнили одно домашнее задание.

Студенты ME получали инструкции посредством предварительной лекции и нескольких видеороликов на YouTube, но корневой locus не был подробно рассмотрен во время лекционной части курса ME. Таким образом, немного разочаровывает то, что студенты PDM не превосходили студентов ME в этой части финала экзамен.

До сих пор не было предпринято никаких усилий, чтобы определить, действительно ли население ME теоретически сильнее, чем население PDM. Это можно сделать путем сравнения совокупных средних оценок или средних оценок по математике и физике. Конечно, возможно, что студенты, успешно завершившие динамику, обладают более сильными аналитическими способностями, чем студенты, которые этого не делают. Преподаватели программы PDM надеются, что студенты выберут специальность PDM, основываясь на интересе к проектированию и производству продукции, но вполне возможно, что некоторые выберут программу, чтобы избежать динамики и других более теоретических и аналитических курсов.

Вопрос 4

Четвертый и последний общий экзаменационный вопрос представляет собой вопрос о моделировании двух степеней свободы с одной маленькой морщинкой: входные данные — это смещение, а не сила. Если учащиеся нарисуют необходимые диаграммы свободного тела и внимательно спросят себя, каковы дифференциальные смещения каждой пружины и каковы дифференциальные скорости для каждого демпфера, то найти передаточную функцию, о которой идет речь, будет довольно просто.

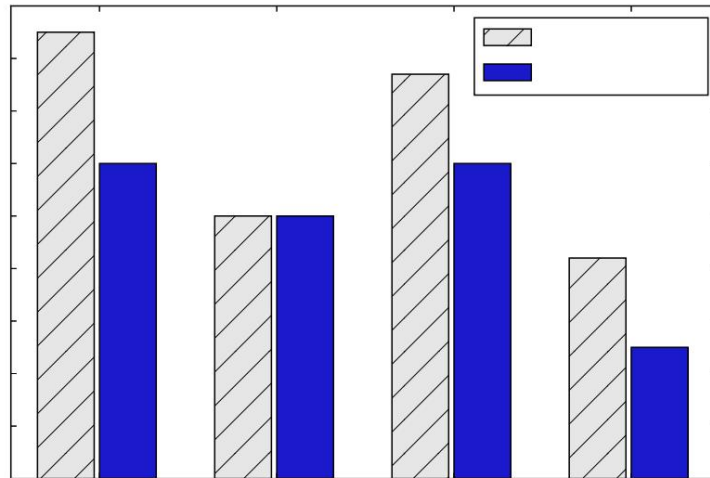


Рисунок 13. Гистограмма для вопроса 3 итогового экзамена.

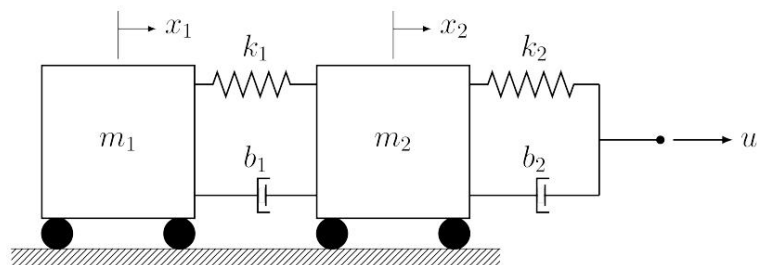


Рис. 14. Схема задачи моделирования массы/пружины/демпфера (вопрос 4).

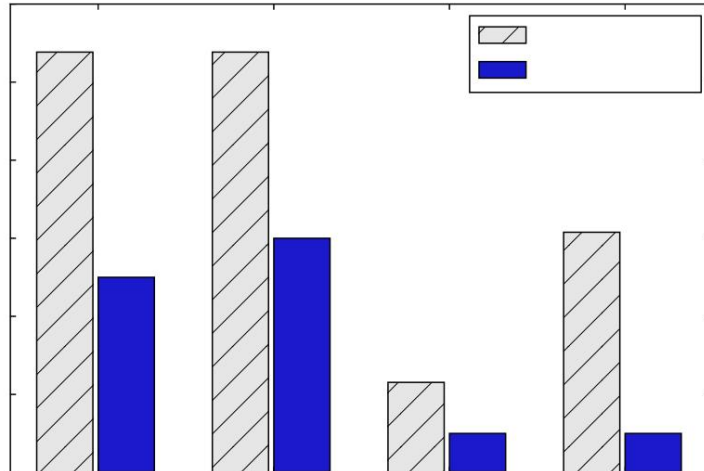


Рисунок 15. Гистограмма для вопроса 4 итогового экзамена.

Вопрос 4. Постановка задачи.

- Найдите передаточную функцию для системы, показанной выше (рис. 14), с входным сигналом смещения u и выходным сигналом x_2 .

Вопрос 4. Оценка. Студенты ME справились со смещением морщин лучше, чем студенты PDM, но все же это сбilo с толку приличный процент студентов. Процент каждого отдела, который нарисовал правильные диаграммы свободного тела, написал правильные уравнения движения и получил правильную передаточную функцию, показан на рисунке 15.

Очевидно, что моделирование является более сложной задачей для студентов PDM, чем для студентов ME; это имеет смысл, учитывая, что FBD и EOM являются ключевыми темами в динамике.

В викторине, заданной в первый день, содержится очень простая задача о массе/пружине/демпфере с одной степенью свободы. Только один ученик в секции PDM нарисовал правильный FBD, и ни один из учеников не правильно ответил на EOM. Таким образом, даже несмотря на то, что результаты по моделирующему вопросу на выпускном экзамене довольно плохие, они все равно лучше, чем на предварительном тесте.

Общее лабораторное задание

Общее итоговое лабораторное задание также использовалось для сравнения результатов обучения в разделах курса ME и PDM. Лаборатория попросила студентов использовать подход корневого годографа для разработки контроллеров P и PD для системы двигатель постоянного тока/энкодер/H-мост, обсуждавшейся ранее в этой статье. Студентам было предложено выбрать усиление управления, которое привело бы к слегка затуханию, сильному затуханию и чрезмерному затуханию. Их также попросили смоделировать переходную реакцию их систем с обратной связью и сравнить результаты моделирования с экспериментальными результатами. Их также попросили обсудить, имеют ли экспериментальные ступенчатые реакции смысл, учитывая соответствующие положения полюсов в корневом локусе.

Задание оценивает понимание учащимися конструкции корневого локуса, взаимосвязей между расположением полюсов и переходными реакциями, а также того, как выполнять моделирование с обратной связью. Все это основные концепции динамических систем и управления. Этот подход может быть полезен для любой программы, заинтересованной в оценке понимания студентами динамических систем и управления.

Хотя этот подход является многообещающим в качестве стандартизированного инструмента оценки динамических систем и управления, первая попытка в Государственном университете Гранд-Вэлли не увенчалась успехом. Лабораторные секции ME изначально не использовали то же оборудование, что и секция PDM. Кроме того, задание было выполнено в самом конце курса, и студенты выглядели спешащими и, возможно, измотанными. Многие группы сдали лабораторные отчеты более низкого качества, чем работа, которую они проделали ранее в этом семестре. В итоге провести значимое сравнение между секциями ME и PDM не удалось. Эта оценка, вероятно, будет повторена, когда курсы будут предложены снова следующей осенью.

Исследование отношения к программированию

Было проведено еще одно сравнение между разделами ME и PDM курса динамических систем и управления: в ходе онлайн-опроса студентов спрашивали, как изменилось их отношение к программированию и восприятие своих способностей к программированию с начала до конца курса.

Компьютерное программирование играет важную роль в динамических системах и курсах управления. Такие инструменты, как Matlab или Python, можно использовать для создания корневых локусов и графиков Боде, для моделирования реакций систем и анализа экспериментальных данных. В разделах курса ME использовался Matlab, а в разделе PDM использовался Python вместе с модулем управления Python и блокнотом Jupyter. Блокнот Jupyter предоставляет веб-интерфейс, который позволяет учащимся вводить код в ячейки, а затем сразу же видеть результаты в выходной ячейке. Блокнот объединяет традиционный редактор и командную строку в один взаимосвязанный интерфейс, предоставляя студентам немедленную обратную связь по каждому фрагменту кода, который они вводят. Кроме того, графики могут отображаться сразу после ячеек, которые их создают, что упрощает сопоставление рисунка с соответствующим кодом.

Помимо Matlab или Python, студенты PDM и ME использовали C для программирования своих Arduino для лабораторных занятий.

На рисунках 16 и 17 сравниваются ответы между разделами курса ME и PDM на два наиболее подходящих вопроса опроса. Обратите внимание, что количество ответов слишком мало, чтобы претендовать на статистическую значимость: на опрос ответили 20 из 85 ME и 13 из 20 специальностей ДПМ.

На рис. 16 сравниваются ответы на вопрос «Как изменилось ваше отношение к программированию с начала этого курса?» Большой процент студентов PDM, чем студентов ME, получает больше удовольствия от программирования в конце курса, чем в начале.

На рис. 17 сравниваются ответы на вопрос «Улучшились ли ваши навыки программирования с начала прохождения этого курса?» Большой процент студентов PDM, чем студентов ME, чувствуют, что теперь они лучше разбираются в программировании. Самоэффективность, связанная с программированием, имеет определенную ценность, но она

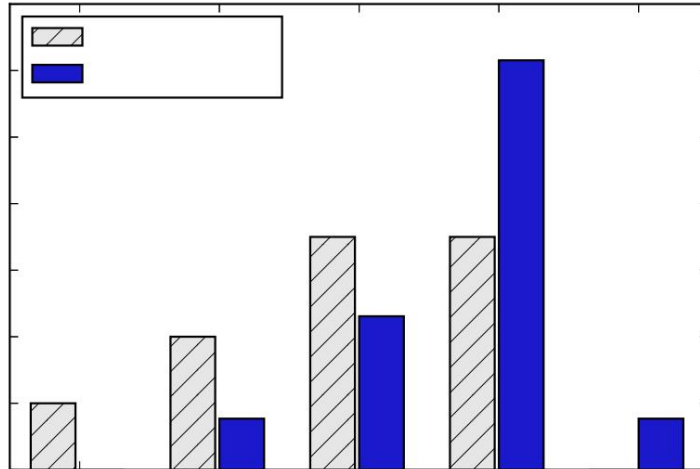


Рисунок 16. Сравнение ответов студентов на вопрос опроса об отношении к программированию: Как изменилось ваше отношение к программированию с начала изучения этого курса? Варианты шкалы Ликерта: 1: Теперь мне гораздо больше не нравится программирование. 2: Теперь мне немного больше не нравится программирование. 3: Мои чувства не изменились. 4: Теперь мне больше нравится программировать. 5: Теперь мне гораздо больше нравится программировать.

было бы полезно дополнить это в будущем некоторой объективной оценкой навыков программирования студентов, связанных с динамическими системами и управлением.

Выводы и будущая работа

Студенты курса динамических систем и управления по версии ME превосходили своих коллег по версии PDM почти по всем аспектам общих вопросов выпускного экзамена. Данные оценки служат ценным ориентиром и показывают преподавателям в областях программы PDM, которые нуждаются в улучшении.

Также было представлено несколько первых попыток педагогических инноваций, связанных с обучением динамическим системам и управлению, включая эффективную вводную демонстрацию и недорогую экспериментальную систему, которую можно использовать для 6 или более лабораторных заданий. Кроме того, была представлена лабораторная процедура, которую можно использовать для широкой оценки динамических систем и управления обучением.

Результаты опроса показывают, что использование Python, модуля управления Python и блокнота Jupyter было хорошо воспринято студентами PDM.

Учитывая разные акценты различных инженерных программ и состав различных групп студентов, возможно, нецелесообразно, чтобы студенты-производители понимали динамику систем второго порядка на той же глубине, что и студенты ME. Тем не менее, знание того, как студенты-производители сравниваются со студентами среднего образования в этой области, все равно может предоставить ценные данные для руководства производственными программами при выборе учебной программы.

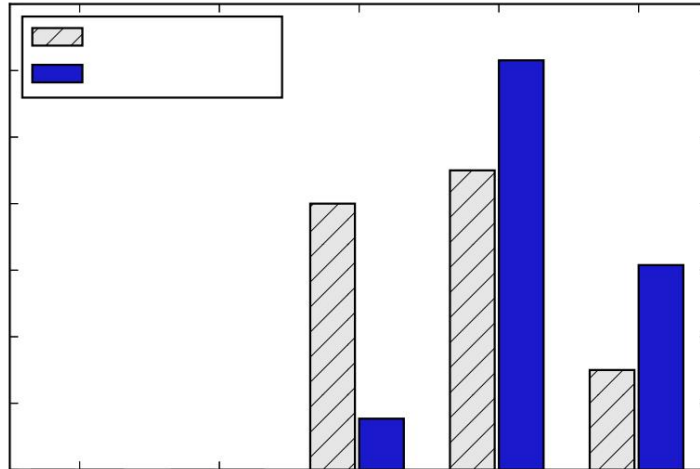


Рисунок 17: Сравнение ответов студентов на вопрос опроса об отношении к программированию: Улучшились ли ваши навыки программирования с начала этого курса? Варианты шкалы Ликерта: 1: Я гораздо хуже программирую, чем в начале курса; 2: Я несколько хуже программирую, чем в начале курса; 3: Мои навыки программирования за время этого курса ничуть не улучшились.; 4: Сейчас я несколько лучше программирую, чем в начале курса; 5: Сейчас я намного лучше программирую, чем в начале

курс.

Будущая работа будет включать более тщательно составленный тест в первый день, чтобы можно было провести более качественную оценку до и после теста между тестом и итоговым экзаменом. Кроме того, лаборатория корневого локуса будет запущена снова со всеми группами, использующими идентичное оборудование. Будет проведено расследование того, почему некоторые студенты не смогли создать графики Боде для частотной характеристики луча, напечатанного на 3D-принтере, чтобы можно было перепроектировать лабораторную деятельность. Наконец, будут наняты преподаватели из других учреждений, чтобы можно было сделать небольшие первые шаги к чему-то вроде Перечня концепций динамики для динамических систем и управления².

Рекомендации

- [1] Бедиллион, доктор медицинских наук, Райсанен, Р. и Низар, М., «Улучшение переходов между курсами по динамике для второкурсников и курсами по динамическим системам для младших курсов», Материалы ежегодной конференции ASEE, 2014.
- [2] Грей Г.Л., Костанцо Ф., Эванс Д., Корнуэлл П., Селф Б. и Лейн Дж.Л. «Тест оценки запасов концепции динамики: отчет о ходе работы и некоторые результаты», Американское общество Ежегодная конференция и выставка инженерного образования, 2005 г.
- [3] Бернштейн, Д., «Улучшение высшего образования в области управления», Журнал Control Systems Magazine, IEEE, Vol. 19, № 5, октябрь 1999 г., стр. 40–43.

- [4] Бернштейн Д., «Контрольные эксперименты и то, что я из них узнал: личное путешествие». Журнал систем управления, IEEE, Vol. 18, № 2, апрель 1998 г., стр. 81–88.
- [5] Шиаколас П. и Пиябонкарн Д. «Разработка цифровой системы управления в реальном времени с аппаратным устройством магнитной левитации для усиления контроля образования», IEEE Transactions on Education, Vol. 46, № 1, 2003, стр. 79–87.
- [6] Камис З., Топчу Э. и Юксель И., «Образование в области автоматического управления с помощью компьютера с системой разработки в реальном времени», Компьютерные приложения в инженерном образовании, Vol. 13, № 3, 2005, стр. 181–191.
- [7] Зальцманн К., Жилле Д. и Хугенен П., «Введение в управление в реальном времени с использованием LabVIEW с применением для дистанционного обучения», Int. Журнал инженерного образования, Vol. 16, № 5, 2000, стр. 372–384.
- [8] Рек, Р.М. и Шринивас, Р.С., «Разработка доступного лабораторного набора для Бакалавриат по вопросам управления», Конференция ASME по динамическим системам и средствам управления, 2014 г. Материалы конференции за 2014 г., ASME, октябрь 2014 г.
- [9] Рек, Р.М. и Шринивас, Р.С., «Разработка нового доступного лабораторного комплекта для двигателей постоянного тока для существующего курса по управлению студентами», Американская конференция по управлению (ACC), 2015, IEEE, 2015, стр. 2801–2806.
- [10] Рек, Р.М., «BYOE: доступный и портативный лабораторный комплект для курсов по контролю», 122-я конференция. Ежегодная конференция и выставка ASEE, 2015 г., номер статьи: 13467.
- [11] Шинсток Д., МакГахи К. и Смит С., «Вовлечение студентов в системы управления с использованием балансирующего робота в курсе мехатроники», Американская конференция по управлению (ACC), 2016 г., IEEE, 2016, стр. 6658. – 6663.
- [12] Бэй, С] и Расмуссен, ВР, «Изучение образования в области средств управления: набор реконфигурируемых шаровых и пластинчатых платформ», Американская конференция по управлению (ACC), 2016 г., IEEE, 2016 г., стр. 6652–6657.
- [13] Ли К.-М., Дейли В. и МакКлин Т. «Интерактивный инструмент обучения динамическим системам и управлению», Международный конгресс и выставка машиностроения, Анахайм, Калифорния, 1998.
- [14] Окамура А.М., Ричард К., Каткоски М. и др., «Чувствовать значит верить: использование Джойстик с силовой обратной связью для обучения динамическим системам», Journal of Engineering Education, Vol. 91, № 3, 2002, стр. 345–349.
- [15] де ла Круа, Ж.-П. и Эгерстедт, М., «Переворот классной комнаты управления вокруг MOOK». Американская конференция по контролю (ACC), 2014 г., IEEE, 2014 г., стр. 2557–2562.
- [16] Хилл, Р., «Аппаратные действия для изменения динамики системы и управления ею». учебная программа», Американская конференция по контролю (ACC), 2015 г., IEEE, 2015 г., стр. 2777–2782.