IEEE Lesson Plan:

Проектирование путей воздушного сообщения

Предлагается веб-сайтом «Попробуй себя инженером» www.tryengineering.org

Тема занятия

Занятие посвящено инженерным технологиям, обеспечивающим работу систем управления воздушным движением (УВД). Учащиеся в группах изучат принцип работы радара и узнают, как создается оборудование, помогающее авиадиспетчерам обеспечивать безопасные расстояния между самолетами и соблюдать график взлетов и посадок. Также они ознакомятся с данными, предоставленными виртуальной системой управления воздушным движением, и разработают план безопасного перемещения трех самолетов в заданном воздушном пространстве. После этого учащиеся дадут рекомендации по усовершенствованию существующей системы.

Обзор занятия

Занятие «Проектирование путей воздушного сообщения» посвящено техническим особенностям и принципам, на которых основаны системы управления воздушным движением и технология работы радаров. Учащиеся узнают, какую роль играют радары и компьютерные технологии в предоставлении диспетчерам критически важных данных удобным и понятным способом. Группы инженеров, составленные из учеников, оценят предложенную систему УВД, попробуют себя в роли авиадиспетчеров, а затем предложат усовершенствования интерфейса радара, с которым работает авиадиспетчер.

Возрастной уровень

11—18 лет.

Задачи

- Познакомиться с технологией работы радаров.
- Познакомиться с технологией управления воздушным движением.
- Познакомиться с принципами проектирования систем.
- Познакомиться с принципами коллективной работы и работы в группах.

Предполагаемые результаты для учащихся

Учащиеся должны получить базовые знания:

- о технологии работы радаров и организации воздушного движения;
- решении проблем;
- работе в команде.

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Работа в рамках занятия

Учащиеся узнают, как влияют на транспортное сообщение инженерное дело, технология работы радаров и системы управления воздушным движением. Группы познакомятся с технологией работы радаров и компьютерной технологией, испытают их, оценят имеющуюся систему УВД, попробуют себя в роли авиадиспетчеров и разработают рекомендации по усовершенствованию интерфейса радара, с которым они работают.

Ресурсы/материалы

- Документы и ресурсы в помощь преподавателю (прилагаются).
- Листы для работы учащихся (прилагаются).
- Перечень ресурсов для учащихся (прилагается).

Соответствие курса учебной программе

См. прилагаемый лист о соответствии курса учебной программе.

Интернет-ресурсы

- TryEngineering (www.tryengineering.org)
- Air Traffic Simulator (www.atcsim.nasa.gov/)
- NASA Future Flight Design (https://www.nasa.gov/audience/foreducators/5-8/features/F_Future_Flight_Design.html)
- Air Traffic Control System Command Center (www.fly.faa.gov/flyfaa/usmap.jsp)
- Listen to live air traffic controllers (www.liveatc.net/topfeeds.php)
- International Civil Aviation Organization (www.icao.int)

Рекомендуемая литература

- Fundamentals of Air Traffic Control (ISBN: 0534393888).
- Organizational Simulation (Wiley Series in Systems Engineering and Management) (ISBN: 0471681636).

Дополнительная работа

Учащиеся средних школ с более высоким уровнем подготовки могут использовать симулятор полетов Microsoft (www.microsoft.com/games/pc/flightsimulatorx.aspx).

Факультативное составление эссе

- Напишите эссе или один абзац о том, какую роль, по вашему мнению, играет техническое развитие систем управления воздушным движением в мировой экономике. Рассмотрите возможности эффективной транспортировки большего количества людей и грузов.

 © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Для преподавателей: соответствие курса учебной программе

Обратите внимание: все планы занятий данного блока составлены в соответствии с Национальными стандартами США в отношении преподавания научных дисциплин (U.S. National Science Education Standards), которые разрабатываются Национальным исследовательским советом (National Research Council) и утверждаются Национальной ассоциацией преподавателей научных дисциплин (National Science Teachers Association), а также, если применимо, в соответствии со Стандартами технологической грамотности Международной ассоциации преподавания технологических дисциплин (International Technology Education Association's Standards for Technological Literacy) и Принципами и стандартами школьного преподавания математических дисциплин Национального совета преподавателей математики (National Council of Teachers of Mathematics' Principals and Standards for School Mathematics).

◆ Принципы и стандарты школьного преподавания математических дисциплин

Стандарты представления чисел и вычислений

В результате изучения стандартов учащиеся должны:

- познакомиться с идеей числа, способами представления чисел, отношениями между числами и системами чисел;
- без труда производить вычисления и давать разумные оценки.

Стандарты взаимосвязей

В результате изучения стандартов учащиеся должны:

- понять, как отдельные математические принципы связаны между собой, как они дополняют друг друга, составляя целое;
- научиться видеть и применять математические закономерности за пределами непосредственно математического контекста.

◆ Национальные стандарты США в отношении преподавания научных дисциплин, классы 5—8 (возраст 10—14 лет)

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ A: наука как процесс познания

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны:

- развить способности, необходимые для научного познания;
- понять, в чем заключается научное познание в конкретном случае.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ B: физика

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- движение и сила.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ E: наука и технология

В результате учебных мероприятий уровня 5—8-х классов учащиеся должны:

- развить навыки выполнения технологических разработок;
- выработать понимание вопросов, касающихся науки и технологий.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ F: взгляд на науку в контексте ее личной и общественной значимости

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- наука и технология в жизни общества.

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Для преподавателей:соответствие курса учебной программе (продолжение)

◆ Национальные стандарты США в отношении преподавания научных дисциплин, классы 9—12 (возраст 14—18 лет)

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ A: наука как процесс познания

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны:

- развить способности, необходимые для научного познания;
- понять, в чем заключается научное познание в конкретном случае.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ E: наука и технология

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны:

- развить навыки выполнения технологических разработок;
- выработать понимание вопросов, касающихся науки и технологий.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ F: взгляд на науку в контексте ее личной и общественной значимости

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- роль науки и технологий при решении проблем на местном уровне, уровне страны и в мировом масштабе.

◆ Стандарты технологической грамотности: любой возраст

Природа технологии

- Уровень 1: учащиеся получают базовые знания о характеристиках и объеме применения технологий.
- Уровень 2: учащиеся вырабатывают понимание основных технологических концепций.
- Уровень 3: учащиеся узнают о связи технологий между собой и с другими областями знаний.

Технологии и общество

- Уровень 4: учащиеся получают базовые знания о культурной, социальной, экономической и политической роли технологий.
- Уровень 6: учащиеся получают базовые знания о роли общества в разработке и использовании технологий.

Проектирование

- Уровень 9: учащиеся приобретают базовые знания об инженерном проектировании.
- Уровень 10: учащиеся узнают о работе, связанной с устранением неполадок, об исследовательских усилиях, изобретательском процессе и реализации нововведений, а также экспериментальной деятельности в области решения проблем.

Навыки для жизни в технологически развитом мире

- Уровень 12: учащиеся выработают способность использовать и обслуживать технологические изделия и системы.
- Уровень 13: учащиеся учатся оценивать практическое значение различных изделий и систем.

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Ресурсы для преподавателей

◆ Смысл занятия

Занятие «Проектирование путей воздушного сообщения» посвящено техническим особенностям и принципам, на которых основаны системы управления воздушным движением и технология работы радаров. Учащиеся узнают, какую роль играют радары и компьютерные технологии в предоставлении диспетчерам критически важных данных удобным и понятным способом. Группы инженеров, составленные из учеников, оценят предложенную систему УВД, попробуют себя в роли авиадиспетчеров, а затем предложат усовершенствования интерфейса радара, с которым работает авиадиспетчер.

◆ Цели занятия

- Познакомиться с технологией работы радаров.
- Познакомиться с технологией управления воздушным движением.
- Познакомиться с принципами проектирования систем.
- Познакомиться с принципами коллективной работы.

◆ Материалы

- Перечень ресурсов для учащихся.
- Листы для работы учащихся.
- Компьютер (ПК или Mac) и доступ в Интернет (рекомендуется использовать современные браузеры).

◆ Работа

1. Предоставьте учащимся вспомогательную литературу. Ее можно прочитать в классе или дать заранее в качестве домашнего задания. Разделите учащихся на группы инженеров по 2—3 человека.
2. Учащиеся уже имеют представление о технологиях, используемых авиадиспетчерами. В рамках симуляции каждая группа будет отвечать за управление воздушным сообщением в 33-м секторе США. С помощью симулятора NASA (www.atcsim.nasa.gov) учащиеся спланируют воздушные коридоры и необходимые скорости таким образом, чтобы привести три самолета в аэропорт города Модесто в Калифорнии (MOD), обеспечив между ними расстояние три морские мили. Кроме того, важную роль играет время: чем скорее приземлится последний самолет, тем лучше; при этом расстояние между ними ни в коем случае не должно быть меньше двух морских миль.
3. Учащиеся совместно проектируют воздушные коридоры и определяют скорости самолетов.
4. Учащиеся испытывают свои проекты с помощью симулятора. У каждой группы есть четыре попытки решить задачу. Учитывается минимальное время реализации.
5. Каждая группа оценивает свои результаты, а затем предлагает рекомендации по улучшению существующего интерфейса радара, с которым работает авиадиспетчер, с инженерной точки зрения. Например, учащиеся могут обратить внимание на критерии выбора самолета, который должен приземлиться первым. Приоритет может быть отдан самолету с наибольшим количеством пассажиров на борту, с наименьшим запасом топлива или с пассажирами, спешащими на стыковочный рейс.
6. Группы заполняют листы для работы и представляют всему классу рекомендации по усовершенствованию систем УВД.

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Ресурсы для преподавателей (продолжение)

◆ **Необходимое время**

Два-три занятия по 45 минут.

◆ **Стратегии решения проблем**

На занятии «Проектирование путей воздушного сообщения» учащиеся поработают с виртуальной системой радаров, которая предоставляет информацию о скорости ветра, погодных условиях и доступных маршрутах. Они научатся приводить логические аргументы для принятия решений и разрешения приближенных к практике конфликтов воздушного движения с участием трех самолетов. Сложность каждой задачи состоит в том, что необходимо за минимальное время безопасно выровнять самолеты в данной сети авиамаршрутов, обеспечив между ними достаточное расстояние. Затем, опираясь на опыт работы с системой, группы инженеров предложат усовершенствования существующей системы УВД, которые повысят ее безопасность и эффективность. При разработке рекомендаций по усовершенствованию системы необходимо учесть экономические аспекты и требования безопасности.

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Материалы для учащихся: технология систем управления воздушным движением

◆ Что такое УВД

Управление воздушным сообщением (УВД) — это предоставляемая наземными диспетчерами служба, которая регулирует движение воздушных судов на земле и в воздухе. Основная задача диспетчера — обеспечить достаточное расстояние между судами со всех сторон. Также диспетчер отвечает за соблюдение порядка и графика движения и предоставляет пилотам сведения о погоде, навигационную информацию и НОТАМы (извещения пилотам).

◆ Технология имеет значение

Несмотря на то, что управление воздушным движением частично осуществляется на основании визуальных признаков, в системах управления воздушным движением используется множество технологий. Основной и дополнительный радары помогают диспетчеру получать точные сведения о воздушном пространстве на конкретном участке, так как все воздушные суда отвечают на первичные эхосигналы с разной интенсивностью (диспетчер видит эти данные на экране). Посылаемый радаром первичный сигнал отражается от фюзеляжа, а суда, оснащенные бортовыми ответчиками, сообщают в ответ на вторичные запросы свои идентификационный номер, высоту полета и уникальный позывной. Также радары регистрируют некоторые погодные условия. Ситуация в воздушном пространстве оценивается на основе данных с нескольких радаров. Некоторые простые функции, такие как расчет скорости судна относительно земли и определение магнитного курса, выполняют сами радары. Операции по сопоставлению данных с электронными планами полетов доступны диспетчерам благодаря современным системам отображения ситуации.

◆ Принцип работы радара

Радар — это система, которая с помощью электромагнитных волн определяет габариты, высоту, направление и скорость как движущихся, так и стационарных объектов: воздушных судов, кораблей, автомобилей. Кроме того, он дает сведения о погодных условиях и ландшафте. Передатчик излучает радиоволны, которые отражаются от цели и регистрируются приемником (как правило, он расположен в том же месте, где и передатчик). Несмотря на то, что отражаемый радиосигнал обычно очень слаб, его несложно усилить. Радар применяется для многих целей: для определения осадков в метеорологии, управления воздушным движением, измерения скорости автомобилей на дорогах, а также в военных и других технологиях. Термин RADAR появился в 1941 году как аббревиатура слов Radio Detection and Ranging (радиообнаружение и дальнометрия). Это американское слово пришло на смену используемой ранее британской аббревиатуре RDF (Radio Direction Finding — радиолокационное определение направления).

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Материалы для учащихся: технология систем управления воздушным движением (продолжение)

◆ Измерение расстояний

Один из способов измерить расстояние до объекта — это отправить короткий импульс или радиосигнал (электромагнитное излучение) и посчитать, через какое время вернется отраженный сигнал. Расстояние равно половине произведения скорости сигнала и времени, за которое сигнал достигнет цели и вернется. Так как скорость радиоволн равна скорости света (300 000 км/с), для точного измерения расстояний требуется совершенная электроника. Другой тип радаров для измерения расстояний основан на принципе частотной модуляции. Сравнение частот двух сигналов даже при использовании менее современной электроники дает гораздо более точные результаты по сравнению с измерением времени возвращения сигнала. Чтобы определить разницу, измененная частота возвращаемого сигнала сравнивается с частотой исходного. Этот способ может применяться в радарах непрерывного излучения и часто используется в альтиметрах воздушных судов.

◆ Глобальное радарное покрытие

Так как центры управления воздушным движением контролируют значительную часть воздушного пространства, в них обычно используются радары дальнего действия, способные распознать воздушное судно на расстоянии 200 морских миль (370 км) от антенны. Радарное покрытие охватывает более 90 % воздушного пространства США на больших высотах; диапазоны действия радаров часто пересекаются. Иногда центру требуется несколько систем для покрытия отведенного ему воздушного пространства. В результате диспетчеру приходится работать с огромными объемами данных. Автоматизированные системы обобщают сведения радаров и передают их диспетчеру. При обобщении данных исключаются дублирующие сигналы, выбирается оптимальный сигнал для каждой географической области, после чего информация предоставляется диспетчеру в удобном формате. Некоторые операторы аэронавигационного обслуживания (например, Airservices Australia, Alaska Center и т. д.) применяют системы автоматического зависимого наблюдения (АЗН). Эта новая технология является своего рода противоположностью радару. Вместо того, чтобы искать цель путем отправки запросов на бортовой ответчик, система АЗН несколько раз в секунду передает сведения о положении судна. Системы АЗН могут работать и в других режимах, например в контрактном, когда судно сообщает о своем положении через заданные интервалы времени. Эта способность позволяет использовать системы АЗН в областях, где установка радаров невозможна (например, над океанами). В настоящее время разрабатываются компьютеризированные радарные дисплеи, способные принимать сигналы с систем АЗН. С развитием технологий системы УВД для океанического сектора будут совершенствоваться.

◆ Глобальный аспект

Система глобальной организации воздушного движения (GATM) включает спутниковую связь, навигацию, наблюдение за воздушным движением и управление им. Федеральное авиационное управление США (Federal Aviation Administration) и Международная организация гражданской авиации (International Civil Aviation Organization) — специальное агентство ООН — установили стандарты GATM, обеспечивающие безопасность и эффективность движения в глобальном воздушном пространстве, интенсивность которого со временем повышается. Специалисты по всему миру работают над новыми технологиями, которые позволят сделать GATM еще более эффективной и удобной для диспетчеров. Одной из наиболее значительных программ в области АЗН является инициатива Airservices Australia.

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Листы для работы учащихся «Использование радаров в УВД»

Вы — группа инженеров. Перед вами стоит задача оценить существующую технологию управления воздушным движением (УВД) на основе собственного опыта и составить рекомендации по техническому усовершенствованию системы УВД с целью повысить ее эффективность и безопасность.

◆ Подготовительный этап

1. Ознакомьтесь с различными вспомогательными материалами.

◆ Этап исследования

1. Вы уже знаете, какие инженерные принципы и технологии используют авиадиспетчеры. Теперь вы будете работать в группе и отвечать за воздушное сообщение в 33-м секторе США. С помощью симулятора NASA (www.atcsim.nasa.gov) вы спланируете воздушные коридоры и необходимые скорости таким образом, чтобы привести три самолета в аэропорт города Модесто в Калифорнии (MOD), обеспечив между ними расстояние три морские мили. Кроме того, важную роль играет время: чем скорее приземлится последний самолет, тем лучше; при этом расстояние между ними ни в коем случае не должно быть меньше двух морских миль.
2. Вам нужно совместно спроектировать воздушные коридоры и определить скорости самолетов.

◆ Этап симуляции

1. Теперь испытайте свои планы с помощью симулятора. У вашей группы есть четыре попытки решить задачу. Запишите время каждой попытки в таблицу ниже.

	Необходимое время	Стратегия	Наблюдения
Попытка 1			
Попытка 2			
Попытка 3			
Попытка 4			

◆ Этап оценки и составления рекомендаций

1. Теперь оцените результаты своей группы и предложите инженерные усовершенствования существующего интерфейса радара, с которым работает авиадиспетчер. Может быть для принятия решения о том, какой самолет следует замедлить, а какой ускорить, вам не хватало информации? Или, может быть, разработчикам ПО следовало бы использовать другие инструменты для более эффективной и безопасной работы системы УВД? Помогла бы вам в принятии решения информация, например, о том, сколько топлива осталось в баке?
2. Заполните листы для работы и представьте классу свои рекомендации по усовершенствованию системы УВД.

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Листы для работы учащихся «Оценка»

◆ Этот лист служит для оценки результатов вашей группы на занятии «Проектирование путей воздушного сообщения».

1. За какое минимальное время ваша группа смогла решить задачу по управлению воздушным движением? Как ваш результат соотносится с результатами других групп в классе?

2. Какие усовершенствования предложила внести в интерфейс радара ваша группа? Какие проблемы, по вашему мнению, они помогут решить? Заполните таблицу.

Проблема существующей системы	Предлагаемое инженерное усовершенствование
1.	
2.	
3.	

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Листы для работы учащихся «Оценка» (продолжение)

3. Программное и аппаратное обеспечение, используемое в вычислительных системах и системах данных, часто перепроектируется. Укажите несколько предметов в классе или в школе, которые за последние несколько лет претерпели изменения. Какие проблемы, по вашему мнению, стремились решить инженеры, внося эти изменения?

4. Представьте, что вспомогательные технологии и инженерные достижения недоступны. Обсудите в группе, как бы это отразилось на путешествиях. Укажите, как бы это повлияло на поездки по вашей стране с точки зрения времени, стоимости и удобства.

5. Какие еще способы управления воздушным движением существуют? Рассмотрите возможности использования глобальных навигационных систем, простых визуальных элементов управления и другие способы. Как вы считаете, какая система или комбинация современных систем наиболее безопасна?

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.