различны и включают как факторы стохастической природы (для предприятий растениеводства существенен фактор климатических и почвенных условий), так и факторы технологического, управленческого и социально-экономического свойства.

Объекты подвыборок сопоставимы по масштабам деятельности (средний размер площади посева на предприятиях сухой степи составил 6240 га, а лесостепи – 6556 га). Сравнительный анализ структуры затрат предприятий сравниваемых зон показал, что затраты на семена, нефтепродукты и заработную плату по подвыборкам практически идентичны. В условиях лесостепи, предприятия активнее используют удобрения и средства защиты растений. В среднем затраты на удобрения в расчете на 1 га в условиях лесостепи выше на 62% относительно предприятий сухой степи, СЗР выше на 36%, что отчасти обусловлено рекомендациями агрономической науки (нормы внесения удобрений в сухой степи существенно ниже норм в лесостепной части Кулунды). Затраты на запасные части в расчете на 1 га площади посева в сухой степи выше в среднем на 29% относительно условий лесостепи. По общей сумме всех переменных затрат на возделывание культур различия между зонами не превышают 1%. Анализ соотношения цен реализации продукции показал различие не превышающее 2% по цене зерновых культур и 20% по цене на подсолнечник (средняя цена реализации подсолнечника выше для предприятий сухой степи, чем предприятий лесостепи, несмотря на это эффективность предприятий в условиях лесостепи ниже). Таким образом, можно констатировать, что найденное различие в эффективности производства продукции растениеводства обусловлено, факторами технологического и природного характера, в частности различием в качестве почв и степени засушливости климата. Очевидно, что технология возделывания культур, прежде всего, специфицируется с учетом почвенно-климатических условий производства, поэтому технологические решения вторичны, а природные условия – первичны.

Библиографический список

1. Debreu G. The Coefficient of Resource Utilization. Econometrica. – 1951. – Vol. 19(3). – Pp. 273–292.

2. Farrell M.J. The Measurement of Productive Efficiency. Journal of the Statistical Society. – 1957. Series A. Vol. 120, part 3. – Pp. 253–290.

3. Лобова С.В., Понькина Е.В., Курочкин Д.В. Количественная оценка влияния технологических и социоэкономических факторов на эффективность деятельности сельскохозяйственных предприятий Алтайского края на основе методов Data Envelopment Analysis (DEA) и Stochastic Frontier Analysis (SFA). Часть 2 / Препринт 7/13. – Барнаул : Изд-во Алт. унт-та, 2013. – 87 с.

4. Экономические, экологические, технологические факторы и результаты деятельности сельскохозяйственных предприятий в условиях Кулундинской степи : коллективная монография / Е. Понькина, В. Беляев, М. Боварова и др. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2014. – 140 с.

УДК 519.876.5

Моделирование потоков зрителей на биатлонном стадионе

С.П. Семенов, Ю.М. Колосов
ЮГУ, г. Ханты-Мансийск

Компьютерное моделирование массовых перемещений людей приобретает все большую актуальность в связи с проблемами обеспечения безопасности, анализом возможных нештатных ситуаций, аварийных эвакуаций. Массовые перемещения людей происходят на улицах города во время праздничных или политических шествиях, в павильонах метро, в аэропортах и вокзалах, торговых и развлекательных центрах, спортивных сооружениях и т.п. Современное программное обеспечение имитационного моделирования [1] позволяет формализовать подобные массовые перемещения в виде моделей пешеходных потоков и решать задачи расчёта пропускной способности объекта; рассматривать различные конфигурации физического пространства и пешеходных зон; поддерживать сбор статистики пешеходных потоков; визуализировать статистику в виде карт плотности потоков пешеходов.

В данной работе излагается процесс построения имитационной модели [3] пешеходных потоков на стадионе (Центр зимних видов спорта имени А.В. Филипенко в г. Ханты-Мансийске) во время проведения крупных международных соревнований, а также результаты некоторых простых экспериментов над моделью.

Имитационная модель исследуемого реального явления (объекта, процесса, системы) – это формальное описание его логической структуры и динамики взаимодействия его отдельных элементов, как правило, с учётом стохастических факторов, которое представляется в виде программного продукта.

Целью проекта, результаты которого излагаются в данной статье, является уменьшение степени неопределённости в процессах поведения пешеходных потоков на стадионе, визуализация потоков, расчёт пропускной способности и среднего времени пребывания пешеходов в различных зонах стадиона, создание карт плотности потоков.

В данной модели агентный подход используется в сочетании с дис-кретно-событийным моделированием. Связь двух подходов осуществляется через общее пространство модели, которое они используют.

Комплекс спортивных сооружений занимает площадь примерно+ 150000 м², располагается в холмистой местности (рисунок 1). Общая вместимость объекта около 15 000 зрителей, в т.ч. на стационарных трибунах могут размещаться более 10 000 болельщиков. На стадионе регулярно проводятся этапы Кубка мира по биатлону, во время которых заполняемость стадиона составляет 100%.

Стадион разделён на спортивно-служебную зону и зону для зрителей. В описываемой модели присутствует только зона для зрителей. Стадион имеет два входа для зрителей и две основные трибуны: се-верную (основную) и южную. Трибуны соединены пешеходной зоной сложной конфигурации, переменной ширины, включающей мостик с подъёмом и спуском.

Рисунок 1 – Схема Центра зимних видов спорта имени А.В. Филипенко в г. Ханты-Мансийске

Кроме того, на территории стадиона имеется торговая зона для сувенирной продукции и несколько кафе. Другие места для болельщиков в данной модели не учитывались. Предполагается, что спортивное мероприятие состоит из одного состязания в день. Общая протяжённость спортивного мероприятия составляет примерно 3,5 часа, которые можно разбить примерно на 3 фазы. Первая фаза составляет около 90 минут, в этот период зрители проходят турникеты, накапливаются в пешеходной зоне, посещают торговую зону, занимают места на трибунах. Пешеходная активность максимальна в последние 30 минут этой фазы. Вторая фаза, собственно состязание, длится в среднем около 60 минут, во время этой фазы пешеходная активность минимальна, болельщики находятся на трибунах. Третья фаза, заключительная, состоит из массового движения болельщиков на выход из стадиона. Именно во время этого промежутка времени возникают скопления зрителей в узких местах пешеходной зоны, формируются пробки, возникает угроза безопасности зрителей. Фазы выделены таким образом, чтобы оставалась возможность моделировать каждый из них автономно. Параметрами модели являются интенсивности движения пешеходов, вероятности выбора направления движения, геометрические размеры различных участков пешеходной зоны, вместимость трибун. В 2016 году, во время очередного этапа кубка мира по биатлону был произведён статистический сбор данных по движению пешеходов.

При построении модели было произведено упрощение физической (реальной) зоны движения зрителей, оставлены наиболее значимые её участки и опущены второстепенные. Модельная (упрощённая) схема пешеходной зоны приведена на рисунке 2.

Имитационная модель разрабатывалась в среде AnyLogic [2].

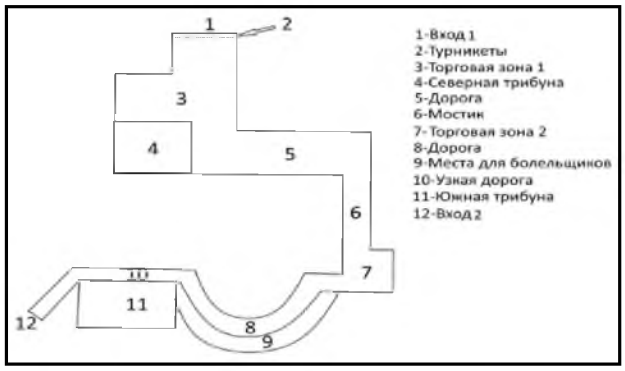

Рисунок 2 – Схема пешеходной зоны

Программный продукт AnyLogic содержит высокоуровневую Пешеходную библиотеку моделирования движения болельщиков в физическом пространстве. Модели движения пешеходов состоят из двух составляющих – среды и поведения. Под средой подразумеваются объекты физической среды – стены, различные области, сервисы, очереди и т.д. Объект среды задаётся специальным графическим элементом разметки, у которого имеются параметры. Ресурсы (сервисы) также являются объектами среды.

Поведение пешеходов определяется логикой блок-схемы. На рисунке 3 приведена блок-схема модели пешеходного движения на биатлонном центре.

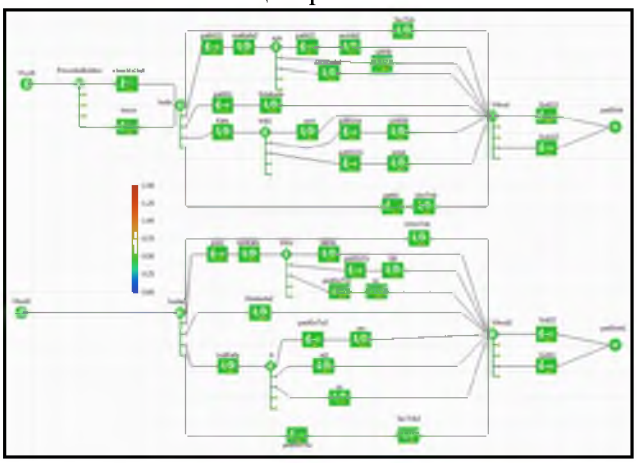

Рисунок 3 – Блок-схема модели

Блок-схема содержит следующие объекты Пешеходной библиотеки: Ped-Source; PedService; PedGoTo; PedWait; PedSink. В данной работе приведены некоторые результаты прямых задач, «что будет, если?».

В качестве контролируемых переменных на входе выступают интенсивность прибытия зрителей, параметры объекта PedSelectOutput, а также геометрия пешеходной зоны. Единицей модельного времени выбрана минута.

В данной работе приведены некоторые результаты прямых задач, «что будет, если?». В качестве контролируемых переменных на входе выступают интенсивность прибытия зрителей, параметры объекта PedSelectOutput, а также геометрия пешеходной зоны. Единицей мо-дельного времени выбрана минута.

В качестве выходных результатов представлены визуальные диа-граммы и карты плотности. Карта плотности является инструментом AnyLogic и представляет собой план пешеходной зоны, который динамически закрашивается различными цветами в соответствии с измеренной в этой точке плотности пешеходов.

На рисунке 4 приведена карта плотности пешеходного движения, соответствующая 60-ой минуте первой фазы. Данный момент времени соответствует максимуму входной интенсивности. Зрители размещаются в пешеходной зоне согласно параметрам (вероятности) объекта PedSelectOutput.

Рисунок 5 содержит карту плотности для второй фазы, когда практически все болельщики находятся на трибунах. Рисунки 6 и 7 демонстрируют карты плотности для 3-ей фазы, соответственно, вначале фазы и ближе к её завершению.

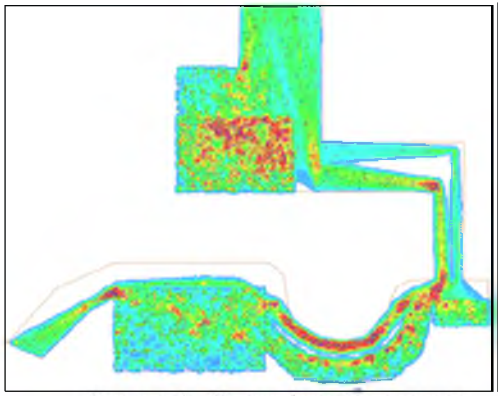

Рисунок 4 – Первая фаза, 60-ая минута

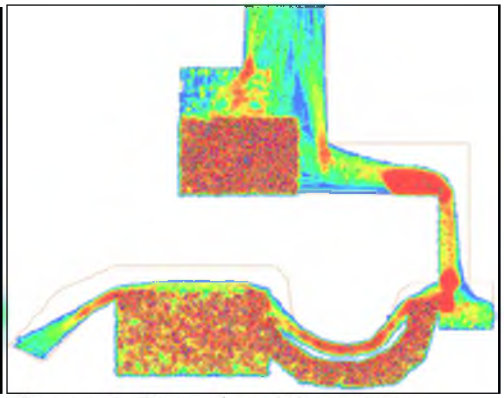

Рисунок 5 – Вторая фаза, 100-ая минута

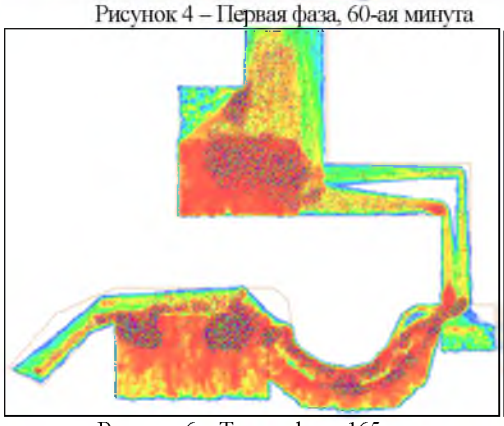

Рисунок 6 – Третья фаза, 165-ая минута

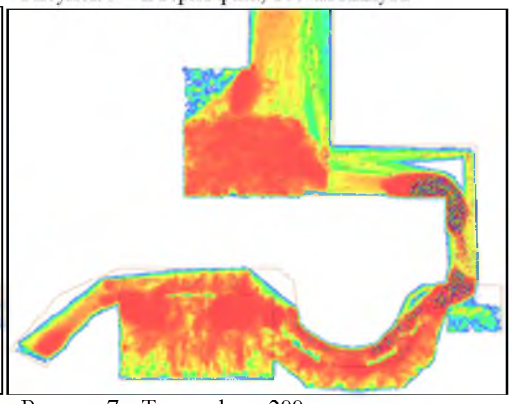

Рисунок 7 – Третья фаза, 200-ая минута

Компьютерная модель позволяет лучше понять процессы поведения пешеходных потоков на стадионе, визуализировать эти потоки, рассчитать пропускную способности и среднее время пребывания пешеходов в различных зонах стадиона, создать динамические карты плотности зрительских потоков. Полученные результаты могут быть использованы в целях обеспечения безопасности во время проведения крупных спортивных мероприятий, а также учтены при очередной реконструкцией стадиона.

Библиографический список

1. Борщев Андрей. AnyLogic – универсальная среда для моделирования пешеходных потоков. http://www.anylogic.ru/seminar-modelirovanie-peshekhodnykh-potokov.
2. Инструмент многоподходного имитационного моделирования http://www.AnyLogic.ru.
3. Шеннон Р. Имитационное моделирование – искусство и наука. – М.: Мир, 1978.

УДК 519.7

Математическое моделирование в профессиональной деятельности инженера-машиностроителя

В.В. Смирнов
БТИ (филиал) АлтГТУ им. И.И. Ползунова

К числу системных компетенций специалиста (инженера) в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств относят в первую очередь способность проектировать производственные системы, а также изделия машиностроения и технологические процессы их изготовления. Комплекс задач, решаемых при проектировании сложных систем, затрагивает все виды профессиональной деятельности инженера, включая научно-исследовательскую, проектно-конструкторскую,производственно-технологическую, организационно-управленческую и др. В этой связи актуальной является разработка профильного курса математического моделирования для будущих специалистов в области машиностроения, обеспечивающего устойчивость профессионально-прикладной математической компетенции проектировщика на основе развития способностей к моделированию изделий, объектов и процессов, а также формирования профессионально-ориентированной среды математической подготовки в инженерном вузе [1, 2].