

О СОГЛАСОВАНИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИНТЕРАКТИВНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГИДРОМЕХАНИКИ КОРАБЛЯ В ШТОРМОВОМ МОРЕ

А. В. Богданов, И. В. Ганкевич, А. Б. Дегтярев, В. Н. Храмушин ^а

Санкт-Петербургский государственный университет

E-mail: ^а Khram@mail.ru

При реализации прикладных вычислительных экспериментов, в проектировании, разработке и построении программных комплексов востребуется особая логика синтеза числовых структур для описания физических явлений в тесной связи с требованиями эффективного применения моделирующих операций на фоне непрерывной графической визуализации всех пространственных процессов. В контексте конкретной инженерной задачи формулируются требования к декларативному цифровому описанию геометрии формы корпуса корабля, контурные линии которого задаются непрерывными, но неоднозначными функциями. Ключевыми вычислительными операциями устанавливаются перемещения корпуса в трехмерном пространстве под воздействием интенсивного морского волнения, моделируемого в рамках трохоиальной теории групповых структур ветровых волн и зыби. В качестве начальных условий для постановки и последующей проверки прямых вычислительных экспериментов предполагается использовать гидрометеорологические параметры состояния моря и динамики корабля, которые регулярно документируются на мостике корабля в соответствии типовыми наставлениями мореплавателей.

Ключевые слова: вычислительный эксперимент, программный комплекс, разделение вычислительных процессов.

© 2018 Александр Владимирович Богданов, Иван Геннадьевич Ганкевич, Александр Борисович Дегтярев, Василий Николаевич Храмушин

1. Введение

Корректное изложение проектных решений при создании интерактивных программных комплексов можно считать состоятельным, если разнородные понятия в описаниях моделируемых природных явлений определяются в независимых, или условно ортогональных логических построениях, стабильное существование и малые трансформации которых существенно не сказываются на обобщенные программные процедуры или моделируемые явления. Желательным инструментарием в таких изысканиях может стать некая философская концепция, рассматриваемая в проекциях современных языков проектирования и практического программирования прямых интерактивных вычислительных экспериментов в поисковых исследованиях инженерно-технических решений.

В качестве иллюстрации рассматривается вариант проектирования и построения вычислительного эксперимента для моделирования механики взаимодействия твердого тела (корабля) в пространстве гравитационного потенциала двухслойной сплошной среды – морского волнения под штормовыми ветрами. Весьма крупный программный проект изначально согласуется с концепцией построения морского виртуального полигона для решения широкого круга морских, навигационных и корабельных задач. Синтез и успешное встраивание вычислительных систем в единый моделирующий комплекс востребует некое идеологическое или философское обоснование проектирования собственно вычислительного эксперимента, опирающегося на достижения вычислительной гидромеханики с учетом имеющегося задела в области прикладного программирования.

Работа выполняется в рамках проекта «Виртуальный полигон», целью которого является создание системы поддержки принятия решений для моделирования, прогнозирования и предотвращения опасных ситуаций на море, как потеря устойчивости, затопление отсеков, пожар или разрушительное воздействие штормовых волн. Проектом предусматривается задействование высокоэффективных графических устройств общего назначения для повышения производительности вычислений с визуализацией результатов в реальном времени.

2. Независимые элементы языка вычислительного эксперимента

Формализация логики прикладного вычислительного эксперимента востребует не только программно-языковое представление предметных сущностей/существительных с сопутствующим моделированием их трансформации во времени и под влиянием напряжений в окружающей среде, как особых – вычислительных операций/глаголов, но и, что существенно важнее, в полной мере востребуются проектно-инженерные изыскания, которые в философском понимании трактуются как «восхождение от достигнутого к возжелаемому», с обязательным согласованием «новых абстрактных идей с реальностью», что традиционно служит проектному поиску и проверке прикладных инженерных решений. В обобщаемых понятиях троичной логики предложения естественного языка оперируют независимыми (диалектически разделёнными) сущностями, как «подлежащее» и «сказуемое», существующими в глобальном контексте изложения, и сопрягаемые в единое целевое суждение «определениями», «дополнениями» и контекстно-независимыми «обстоятельствами».

Высказанные предложения справедливы в отношении вновь создаваемых или специализированных языков программирования, в том числе рассматриваемых в плане создания инженерных приложений для моделирования физических явлений или производственных процессов, и что особо актуально при задействовании аналоговой аппаратуры в составе цифровых моделирующих систем, а также всегда востребуются при построении интеллектуальных интерфейсов для вовлечения экспертно-информационных возможностей компьютеров в поисковые изыскания в конкретной проектно-инженерной деятельности. Ориентация на построение абстрактных метаязыковых зависимостей всегда желательна даже в относительно небольших проектах программных комплексов, что представляется необходимым условием универсальности или модифицируемости частных прикладных разработок в будущем.

2.1. Логический иероглиф – как проектный базис вычислительного эксперимента

Пусть проектная взаимосвязь геометрических объектов, физических явлений и нестационарных процессов гидромеханики будут синтезироваться в независимых определениях троичной логики [1], в ортогональном базисе проектных поисков – физических явлений и моделирующих действий для комплексного представления прикладной инженерной задачи в составе интерактивного виртуального морского полигона. В проработке задачи моделирования гидромеханики корабля во взаимодействии с интенсивным и нерегулярным морским волнением, явное описание сложных числовых объектов формализуется в плане поиска функциональных подходов к реализации контекстно-зависимых вычислительных операций, моделирующих нестационарное взаимодействие фрагментов судовой обшивки с гидростатическими напряжениями и динамическими импульсами от гребней обрушающихся штормовых волн, как волн теоретически предельной высоты.

Вычислительные объекты и связанные с ними операции образуют требуемые независимые или ортогональные направления проектных изысканий в случае новых программных разработок, отображающих этапы построения вычислительного эксперимента. В таком случае достигается комплексная проработка инженерной задачи, разделяемая на особые логические блоки, которые модифицируются или перестраиваются без сквозного нарушения смежных алгоритмов и функциональных зависимостей в программном комплексе в целом.

Сводя указанные направления в троичную матрицу (рис. 1.), по строкам располагаются «существительные» – как особые числовые структуры с декларативным представлением геометрических объектов и гидромеханических явлений; взаимодействие и трансформация таких виртуальных объектов определяются «глаголами» – математическими моделями гидромеханики и контекстно-зависимыми вычислительными алгоритмами.

Виртуальный полигон	корпус:	волнение:	визуализация:
<i>явления (существительные) или объекты³</i>			
<i>геометрия:</i>	1.1 теоретический чертеж	1.2 пути крутых трохойдальных волн	1.3 3D графика OpenGL
<i>гидростатика:</i>	2.1 остойчивость и плавучесть	2.2 силовое воздействие волн	2.3 несвободная динамика и качка
<i>механика взаимодействия:</i>	3.1 излучение волн корпусом корабля	3.2 трансформация волн у подвижного борта	3.3 гидромеханика корабля в шторм

Рисунок 1. Разделение вычислительного комплекса на условно независимые моделирующие блоки

Основная плоскость проектного решения (рис. 1.) формально ассоциируется с «частями речи» в логической формализации прикладной задачи, что уместно в случае конструирования языковых сущностей для нового формализованного языка программирования. Такой подход к проектированию инженерного вычислительного эксперимента расширяет возможности выбора наиболее эффективной архитектуры вычислительной техники, включая вовлечение в работу аналоговой моделирующей аппаратуры, специальных вычислительных сопроцессоров или инородных интерактивных и экспертно-информационных комплексов.

2.2. Реализация вычислительного эксперимента с кораблем в штормовом море

В логическом иероглифе (рис. 1.) по столбам матрицы отмечаются обобщенные объекты геометрического моделирования: 1 – корпус корабля; 2 – морское волнение и 3 – сцена для их графической визуализации. Здесь нет противоречия, так как подобные задачи гидромеханики обусловлены повсеместным задействованием законов гидромеханики как пространственных функций интерполяции, что естественным образом связано с блоком визуализации результатов вычислительного эксперимента. Переходы между ячейками в

столбцах матрицы, как глаголы, соотносятся с алгоритмами методов геометрической трансформации виртуальных объектов, или с операциями моделирования физических процессов при участии условных предметов, существительных, как виртуальных числовых структур в смежных ячейках логической матрицы.

Ячейки с представлением обобщенных вычислительных алгоритмов и процессов моделирования располагаются по уровням сложности на строках логического иероглифа с метками: 1.x – геометрия; 2.x – гидростатика и 3.x – собственно гидромеханика взаимодействия всех объектов настоящего вычислительного эксперимента.

1. Соответственно, верхняя строка матрицы формирует методы представления для 1.1 – теоретического корпуса корабля и 1.2 – геометрического описания трохонидальных структур морского волнения, с которыми связана 1.3 – интерактивная графика для представления результатов вычислительного эксперимента.

2. Вполне определенные и потому весьма сложные объекты формируют среднюю строку, в которой выстраиваются алгоритмы взаимного сосуществования 2.1 – корпуса корабля; 2.2 – морского волнения, что вполне достаточно для моделирования 2.3 – динамики корпуса корабля, без учета вызываемой им трансформации свободных трохонидальных волн.

3. Тогда в основании логической матрицы сформируются уточненные задачи нестационарной гидромеханики, определяющие 3.1 – излучение корабельных волн; 3.2 – рефракцию, отражение и интерференцию морского волнения вблизи корпуса корабля, что формально завершает построение вычислительного эксперимента 3.3 – по моделированию гидромеханики корабля в штормовом море.

2.3. Философские идеологемы или синтез функций алгоритмического иероглифа

Логическая матрица будет существенно перестраиваться в зависимости от подходов к проектированию инженерного вычислительного эксперимента, что в математике ассоциируется либо с поверочным анализом множества факторов и явлений к желательному, и, как правило, бессодержательному числовому функционалу; либо с оптимизационным синтезом необходимых условий, которые в целом допускают конструирование некоего частного решения для локальных условий существования исходной задачи, и, как правило, не самое лучшее в случае различных вариантов использования найденного решения прикладной задачи.

По строкам логической матрицы полагается декларативное или статическое описание числовых объектов и определяемых ими физических явлений в качестве «*существительных*», что служит условием эффективного использования декларативных языков и *компиляторов* для формирования завершенного и неизменного в процессе вычислений программного кода.

Тогда, условно независимые или функциональные операции будут собираться между уровнями логической матрицы – иероглифа, где все необходимые связи между числовыми объектами будут проходить по ортогональным столбцам в качестве неких «*глаголов*» или вычислительных операций, существенно зависящих от текущего состояния виртуальных числовых объектов. В практике вычислений это возможно только в режиме интерпретации с непрерывным синтезом новых подобластей и поверхностей сопряжений сложных геометрических объектов и динамически нестабильных физических явлений, с сопутствующим поиском критериев состояния численных аппроксимаций с целью рекурсивного перестроения порядка задействования существующих алгоритмов в зависимости от текущего состояния моделируемых явлений.

Если кратко, то, в случае вычислительного эксперимента обеспечивается разделение или независимость декларативного описания и функциональной трансформации виртуальных структур данных, что необходимо для контекстного управления вычислениями по столбцам логического иероглифа, с последовательным формированием результатов моделирования по направлениям строк матрицы.

Иной подход к проектированию и построению программного комплекса, к примеру, может задействоваться при построении счетно-решающей аппаратуры для автоматического управления движением морскими объектами в окружающей среде в условиях их интенсивного взаимного влияния. Состояние окружающей среды и описывающих её вычислительных объектов будут контекстно зависеть от текущего местоположения относительно штормовых волн, скорости хода, рыскливости и ускорения корпуса корабля, отчего управляющие

воздействия должны исполняться в условиях обязательного и своевременного прогнозирования реальных процессов гидромеханики корабля, нестационарной морской среды и нестабильных реакций его элементов управления. Соответственно, весьма однозначные и строгие алгоритмы перекладки рулей и динамики движителей исполняются в рекурсивно перестраиваемой вычислительной среде, состояние которой должно непрерывно и своевременно уточняться по результатам поисковой интерпретации изменений реальных и весьма сложных физических явлений.

3. О построении вычислительного эксперимента

Практическое проектирование обычно не выполняется полностью на основе принципа «сверху-вниз» – ввиду невозможности полного обновления всей вычислительной инфраструктуры, так же как невозможно всецело опираться на имеющийся задел в проектировании «снизу-вверх» – где прошлые достижения лишь тормозят движение к непознанному в вычислительной гидромеханике. Для оценки исполнимости проекта рассматривается математический задел, ему сопутствует поиск традиционных алгоритмов, с надеждой на построение вычислительных экспериментов адекватных природным явлениям и процессам.

Формально можно показать освоенные инженерные решения, проблемные задачи, решение которых полагается возможным, и непознанные к началу работ поисковые изыскания:

Аналитика (задел): геометрия и кинематика пространственных движений корпуса судна, его гидростатика на взволнованной поверхности моря с учетом распределенных источников излучения корабельных и отраженных волн (*в том числе с возможностью перестроения затопляемых отсеков*);

Физика (проблема): эмпирическое моделирование потоков энергии в трохoidalных структурах штормовых волн с оценками распределенного силового воздействия на обшивку корпуса, с учетом динамической отражения, трансформации и разрушения гребней волн;

Эмпирика (поисковые исследования): повсеместный контроль вычислений для динамической адаптации числовых объектов и процессов в системе критериев гидромеханики, с вовлечением результатов из опытовых, эмпирических и асимптотических моделей.

В логической матрице (рис.1.) приоритетными видятся новые алгоритмы:

Строка 1 п.2. Генерация на свободных границах расчетной области трех пакетов волн в произведении с «огibaющими» секторами, смещающимися с половинной скоростью;

Строка 2. Инерционное смещение корпуса по приращениям скорости – моделирование качки (без вовлечения в расчеты присоединенных масс)

Строка 3. Генерация корабельной волны в результате отражения фронтов коротких фазовых волн и собственно корабельное волнообразование из точечных излучателей в каждой элементарной площадке обшивки.

Означенные перспективные разработки востребуют практическую адаптацию алгоритмов, по большей части посвященных визуализации результатов в графической среде OpenGL:

- интерактивная программная среда для подготовки, проведения, визуализации и динамического управления вычислительным экспериментом;
- независимая графическая визуализация по таймеру или с приостановкой вычислительных циклов для внешнего управляемого перестроения алгоритмов;
- прерывания при возникновении особых условий: сбор аналитической информации в точке; настройка и управление визуализацией; контроль и перенастройка математической модели под локальные условия моделирования.

4. Заключение

Таким образом, на строках обобщенной логической матрицы синтезированы геометрические объекты и физические явления в качестве независимых «существительных» или структур данных со связанными с ними алгоритмами – методами быстрого доступа к данным. По столбцам формализуются «глаголы» – как операции гидромеханики, действие которых существенно зависит от особенностей гидромеханики корпуса, морского волнения и их взаимодействия. Крайний столбец собирает сценарии работы с результатами вычислений, предназначенных для детальной визуализации и внятного представления морскому или корабельному инженеру-исследователю, оптимизирующему мореходные качества или создающему проекты перспективных кораблей для особых географических и навигационных условий эксплуатации.

Благодарности

Работа выполнена в рамках гранта Санкт-Петербургского государственного университета №26520170.

Список литературы

[1] Храмушин В. Н. Трехмерная тензорная математика вычислительных экспериментов в гидромеханике. Владивосток: ДВО РАН, 2005. 212 с. Shipdesign.ru/Khram/Tensor.html

ON AGREEMENT OF COMPUTATIONAL EXPERIMENT IN INTERACTIVE SIMULATION OF THE SHIP HYDROMECHANICS ON A STORMY SEA

A. V. Bogdanov, A. B. Degtyarev, I. V. Gankevich, V. N. Khramushin ^a

Saint Petersburg State University

E-mail: ^a Khram@mail.ru

Implementation of applied numerical experiments either in design phase, or in development and creation of software suites demands unique synthesis of numerical structures that describe physical phenomena to closely meet requirements of efficient application of simulation operations in the context of continuous graphical visualisation of all spatial processes. Requirements for declarative digital specification of ship hull geometry, contour lines of which are defined by continuous but multivalued functions, are formulated in the context of a particular engineering problem. Key numerical operations define the hull motions in three-dimensional space under the impact of intense sea waves, simulated in the framework of trochoidal theory of group structure of wind waves and swell. Hydrometeorological parameters of sea state and ship dynamics, which are regularly documented in ship bridge in accordance with the standard instructions to seafarers, are used as initial conditions for setup and subsequent validation of direct numerical experiments.

Keywords: computational experiment, software suite, separation of computational processes, virtual testbed.

© 2018 Alexander V. Bogdanov, Ivan V. Gankevich, Alexander B. Degtyarev, Vasily N. Khramushin