

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ І
МЕТОДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

THEORETICAL AND APPLIED PROBLEMS
AND METHODS OF SYSTEM ANALYSIS

УДК 517.938

Системный подход к решению прямых и обратных задач в системах с хаосом / Данилов В.Я., Зинченко А.Ю., Данилов В.Я. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 7–18.

Предложен системный подход к эффективному применению средств математического и компьютерного моделирования динамических систем для решения проблем исследования детерминированного хаоса в сложных нелинейных системах и связанных с ними обратных задачах. Решена научно-техническая задача усовершенствования математического моделирования путем улучшения существующих методологий исследования детерминированного хаоса и разработки новых математических моделей на основе специализации существующих. Предложены схемы исследования прямых (исследование динамических режимов поведения нелинейных систем в зависимости от бифуркационных параметров) и обратных (реконструкции математических моделей) задач детерминированного хаоса в сложных нелинейных системах. Экспериментальные исследования приведены для скалярных реализаций нелинейных систем Ю.-Ш. Чена и Ресслера. Для последней найдена эквивалентная модель. Рис.: 11. Табл.: 2. Библиогр.: 7 назв.

UDC 517.938

System approach of solving direct and reverse tasks in systems with chaos / Danylov V.Ya., Zinchenko A.Yu., Danilov V.Ya. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 7–18.

In this paper, the systematic approach to the effective application of mathematical and computer modeling of dynamic systems is proposed for solving the problems of deterministic chaos research in complex nonlinear systems and related inverse problems. The scientific and technical task of enhancing mathematical modeling by improving existing methodologies of investigation of the deterministic chaos and by developing new mathematical models, based on the specialization of existing ones, is solved. To solve the problem, we suggested investigation schemes of direct (research modes of behavior depending on the bifurcation parameters) and inverse (reconstruction of mathematical models) tasks of the deterministic chaos in complex non-linear systems. Experimental studies are presented for scalar implementations of YU.-SH. Chen and Roessler nonlinear systems. For the last one, the equivalent model was constructed. Fig.: 11. Tabl.: 2. Refs.: 7 titles.

УДК 519.812.3 + 519.722

Математическая модель ситуационного синтеза автоматизированной системы сбора и обработки информации от технических средств мониторинга / Писарчук А.А., Гуменюк М.А., Тимчук С.В. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 19–28.

Рассмотрена проблема повышения эффективности функционирования автоматизированной системы сбора и обработки информации от технических средств мониторинга. Как возможный вариант решения проблемы предложено применение ситуационного синтеза системы. Сформулированы частные критерии оптимальности структуры автоматизированной системы сбора и обработки информации. На основе дискретной свертки частных критериев разработана математическая модель ситуационного синтеза системы. Для определения необходимого количества технических средств мониторинга был применен энтропийный подход. Произведено деление технических средств мониторинга на классы и оценку информативности каж-

дого класса. Применение разработанной комплексной математической модели ситуационного синтеза позволяет оптимально по заданным показателям выбрать технические средства мониторинга, которые будут привлекаться к исполнению текущего задания системы. Рис.: 1. Табл.: 3. Библиогр.: 18 назв.

UDC 519.812.3 + 519.722

Mathematical model of situational synthesis automated system for collecting and processing information from the technical means of monitoring / Pysarchuk O.O., Humeniuk M.O., Tymchuk S.V. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 19–28.

The problem was considered of increasing the efficiency of the automated system for collecting and processing information from the technical means of monitoring. The usage of situational synthesis system was proposed as a possible solution to this problem. Particular criteria of the optimal structure of the automated system for collecting and processing information were formulated. On the basis of the discrete convolution of partial criteria, a mathematical model of the situational synthesis system was developed. The entropy approach was applied to determine the necessary amount of technical means for monitoring. Technical means of monitoring were divided into classes and the informational content for each class was evaluated. The application of the complex mathematical model of the situational synthesis using given indicators allows to optimally choose means of monitoring that will be involved in the execution of the current job of the system. Fig.: 1. Tabl.: 3. Refs.: 18 titles.

УДК 62.50

Автоматизація керування імпульсними процесами в когнітивних картах з придушенням обмежених збурень на основі методу інваріантних еліпсоїдів / Романенко В.Д., Мілявський Ю.Л. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 29–39.

Досліджено застосування методу інваріантних еліпсоїдів для придушення обмежених збурень за часткового керування динамічними процесами у складних системах різної природи, поданими математичними моделями імпульсних процесів у когнітивних картах (КК). Під час розроблення алгоритму придушення обмежених збурень застосовано інструментарій лінійних матричних нерівностей. Модель динаміки імпульсних процесів КК поділяється на дві взаємопов'язані системи різнице-вих рівнянь відповідно до вимірюваних та невимірюваних координат вершин КК. При цьому зміни невимірюваних координат враховуються як обмежені збурення у першій системі рівнянь моделі КК для імпульсних процесів з вимірюваними координатами. Рис.: 5. Бібліогр.: 9 назв.

UDC 62.50

Control automation of impulse processes in cognitive maps with constrained disturbance suppression based on invariant ellipsoids method / Romanenko V.D., Milyavsky Y.L. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 29–39.

An application of the invariant ellipsoids method to suppress constrained disturbances by means of the incomplete control of dynamic processes in complex systems of different nature, represented by mathematical models of impulse processes in cognitive maps (CM), is investigated. When developing the algorithm for suppressing constrained disturbances, linear matrix inequalities are applied. The dynamics model of CM impulse processes is split into two interrelated systems of difference equations with measurable and unmeasurable coordinates of CM vertices, respectively. Changes in unmeasurable coordinates are considered as constrained disturbances in the first system of equations for CM impulse processes with measurable coordinates. Fig.: 5. Refs.: 9 titles.

УДК 004.932.2

Технология определения ключевых точек на основе стабильных границ объектов / Гарашенко Ф.Г., Кобзар А.Ю. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 40–51.

Представлено ефективную технологию выделения ключевых точек на базе границ объектов. Приведено описание программного обеспечения для синтеза экспериментальных данных и процесса проверки результатов работы различных методов выделения. Создан алгоритм с максимально стабильным результатом и максимальным быстродействием, который можно использовать в режиме реального времени. Благодаря высокой устойчивости предложенной технологии достигается более эффективная работа алгоритмов регистрации на следующих этапах. Рис.: 5. Библиогр.: 12 назв.

UDC 004.932.2

A technology for feature points detection based on stable edges of objects / Harashchenko F.H., Kobzar A.Yu. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 40–51.

An efficient technology for detection of feature points based on the edges of objects is introduced. The description of software for experimental data synthesis and checking the outcomes of different methods of detection is included. An algorithm achieving the most stable outcomes and real-time performance has been created. Due to high repeatability of the suggested technology, more efficient performance of registration algorithms in general is achieved. Fig.: 5. Refs.: 12 titles.

УДК 519.246.8

Системный подход к моделированию и прогнозированию на основе регрессионных моделей и фильтра Калмана / Шубенкова И.А., Петрова С.К., Бидюк П.И. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 52–61.

Предложена концепция адаптивного моделирования финансово-экономических процессов, основанная на одновременном использовании регрессионных моделей и оптимального фильтра Калмана для уменьшения влияния случайных возмущений и погрешностей измерений на статистические данные. Создано программное обеспечение, необходимое для проведения вычислительных экспериментов. Для выбранных финансово-экономических процессов построены несколько регрессионных моделей, которые дополнительно были преобразованы в пространство состояний. Проверка разработанной системы прогнозирования на различных выборках финансовых и экономических данных показала, что можно достигнуть приемлемых значений средней абсолютной погрешности в процентах (около 5–8%) для краткосрочных прогнозов. В зависимости от конкретной постановки задачи использовались динамические и статические оценки прогнозов, которые дали возможность получить необходимую точность оценок. Использование фильтра Калмана для предварительной обработки данных (уменьшения влияния случайных возмущений и шумов измерений) и краткосрочного прогнозирования дает возможность дополнительно уменьшить погрешности оценок прогнозов в среднем на 1,5–2%. В дальнейшем планируется создать специализированную систему поддержки принятия решений для решения задач прогнозирования на основе вероятностно-статистических методов. Рис.: 2. Табл.: 5. Библиогр.: 5 назв.

UDC 519.246.8

Systemic approach to modeling and forecasting on the basis of regression models and Kalman filter / Shubenkova I.A., Petrova S.K., Bidyuk P.I. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 52–61.

A concept for adaptive modeling of financial and economic processes is proposed that is based upon simultaneous application of regression models and optimal Kalman filter for reducing the influence of stochastic disturbances and measurement errors on statistical data. Specialized software has been developed that is necessary for performing computational experiments. Several regression models were constructed for the selected financial and economic processes that were transformed to the state space representation. Testing of the software system developed using various data samples of financial and economic data showed that it was quite possible to reach an acceptable quality of short-term forecasting with the mean absolute percentage error of about 5–8 %. Depending on a specific problem statement, dynamic and static estimates of forecasts were used with an acceptable quality. An application of Kalman filter for preliminary data processing (reduction of the influence of external stochastic disturbances and measurement errors) and short term forecasting provides a possibility for further reduction of forecasting errors by about 1,5–2,0 %. In the future research, it is planned to develop a specialized decision support system for solving the problems of forecasting on the basis of probabilistic and statistical procedures. Fig.: 2. Tabl.: 5. Refs.: 5 titles.

ПРОБЛЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ І
УПРАВЛІННЯ В ЕКОНОМІЧНИХ, ТЕХНІЧНИХ,
ЕКОЛОГІЧНИХ І СОЦІАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

DECISION MAKING AND CONTROL IN
ECONOMIC, TECHNICAL, ECOLOGICAL
AND SOCIAL SYSTEMS

УДК 519.004.942

Аналіз вибуху ядерного реактора Чорнобильської АЕС у квітні 1986 р. за допомогою тензорних рівнянь / Мацукі Й., Бідюк П.І. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 62–67.

Проаналізовано процес вибуху активної зони ядерного реактора на Чорнобильській атомній електростанції у квітні 1986 р. за допомогою тензорних рівнянь, які демонструють рух вектора в тривимірних координатах кривої часу, потоку води та пустоти. Рівняння показують, що цей вектор рухається вздовж геодезичної прямої у координатах кривої, яка описується фундаментальним тензором ($g_{\mu\nu}$), символом Крістоффеля ($\Gamma^{\alpha}_{\mu\nu\sigma}$) і тензором Річчі ($R_{\mu\nu}$), де μ , ν , σ , α — індекси, які позначають координати. Розв'язання тензорних рівнянь показує, що геодезична пряма вектора має сингулярну точку, яка описує точку обертання активної зони ядерного реактора від нормального функціонування до вибуху. Бібліогр.: 4 назв.

УДК 519.004.942

Анализ взрыва ядерного реактора Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. при помощи тензорных уравнений / Мацуки Й., Бидюк П.И. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 62–67.

Проанализирован процесс взрыва активной зоны ядерного реактора на Чернобыльской атомной электростанции в апреле 1986 г. при помощи тензорных уравнений, которые демонстрируют движение вектора в трехмерных координатах кривой времени, потока воды и пустоты. Уравнения показывают, что этот вектор движется вдоль геодезической прямой в координатах кривой, которая описывается фундаментальным тензором ($g_{\mu\nu}$), символом Кристоффеля ($\Gamma^{\alpha}_{\mu\nu\sigma}$) и тензором Риччи ($R_{\mu\nu}$), где μ , ν , σ , α — индексы, обозначающие координаты. Решение тензорных уравнений показывает, что геодезическая прямая вектора имеет сингулярную точку, которая описывает точку вращения активной зоны ядерного реактора от нормального функционирования до взрыва. Библиогр.: 4 назв.

УДК 519.713: 631.411.6

Информационно-алгоритмическая поддержка комплексной оценки экологичности системных объектов / Козуля Т.В., Емельянова Д.И. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 68–76.

Обоснована целесообразность применения комплексного подхода к разработке методического обеспечения оценки качества и безопасности системных объектов с позиций устойчивого развития. Определена необходимость применения показателей комплексной оценки экологичности на основе MIPS-анализа и риск-характеристик состояния сложных систем с целью повышения качества принятия объективных решений по снижению степени опасности в экологическом аспекте. Алгоритмическое обеспечение разработано для практической реализации методики комплексной оценки экологичности системных объектов с учетом связи между их состоянием и процессами внутренней самоорганизации и внешнего взаимодействия с окружающей средой. Табл.: 2. Рис.: 2. Библиогр.: 22 назв.

UDC 519.713: 631.411.6

Information-algorithmic support for complex ecological assessment of system objects / Kozulia T.V., Emelianova D.I. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 68–76.

In this work, the rationality is justified for using the complex approach for methodical support development for assessing the system objects' quality and safety from the sustainable development position. The necessity was determined for applying the complex ecological assessment indicators based on the MIPS-analysis and complex systems risk characteristics for the purpose of increasing the quality of effective decision-making for risk reduction related to the environment. The algorithmic support is designed for the practical methodology implementation for assessing the complex ecological system objects state while taking into account the relationship between the state and the processes of the internal self-organization and external communication with the environment. Fig.: 2. Tabl.: 2. Refs.: 22 titles.

УДК 519.86

О динамике открытой экономической системы при наличии монополистов и финансовых обязательств / Махорт А.Ф. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 77–91.

Исследовано равновесие открытой экономической системы, состоящей из насыщающихся потребителей товаров. Часть потребителей получает финансовые поступления за счет собственного производства, остальные потребители финансируются из внешних источников. Рассмотрено равновесие вальрасового типа. Модель экономики учитывает наличие монополистов среди производителей и финансовых обязательств у субъектов экономической системы. Финансовые обязательства приводят к перераспределению капитала в экономической системе. Формирование потребительских предпочтений зависит от финансовых обязательств. Для такой экономической системы определены условия существования равновесия. Указаны значения характеристик состояния равновесия, приемлемого для всех субъектов экономической системы по уровням потребления. Определены объемы перераспределения капитала, при которых уровни потребления будут находиться в заданной области значений. По эволюции финансовых обязательств предложено описание динамики экономической системы. Библиогр.: 7 назв.

UDC 519.86

On dynamics of an open economy under presence of monopolies and financial obligations / Makhort A.Ph. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 77–91.

An investigation was conducted of an open economy consisting of insatiable consumers. Some consumers can produce own goods to gain a profit while other consumers obtain an external support. The equilibrium is of a Walrassian type. The model takes into account an economy with monopolies and financial obligations of its subjects. The financial obligations lead to the capital redistribution between subjects of the

economy. A formation of consumers' preferences depends on the financial obligations. There exists an equilibrium of such an economy. Obtained equilibrium values of model characteristics agree on an acceptable level of the consumption satisfaction of all economy subjects. The values of the capital redistribution are determined at which the levels of the consumption belong to the defined set of values. Based on the evolution of the financial obligations, the description of economy dynamics was proposed. Refs.: 7 titles.

ПРОБЛЕМНО І ФУНКЦІОНАЛЬНО ОРІЄНТОВАНІ
КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

PROBLEM- AND FUNCTION-ORIENTED
COMPUTER SYSTEMS AND NETWORKS

УДК 519.8

Каскадні нейро-нечіткі мережі в задачах прогнозування на ринках цінних паперів / Зайченко Ю.П., Гамідов Галіб І. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 92–102.

Розглянуто проблему прогнозування на ринках цінних паперів. Для її вирішення запропоновано застосування каскадних нео-фаззі нейронних мереж (CNFNN). Розглянуто архітектуру нео-фаззі нейрона та CNFNN. Описано алгоритми навчання нео-фаззі нейронної мережі в пакетному і он-лайн режимі. Проведено експериментальні дослідження CNFNN в задачі прогнозування біржових індексів на ринку цінних паперів ФРН. У процесі експериментів варіювалась кількість каскадів, входів мережі, число значень лінгвістичних змінних, співвідношення обсягів навчальної та перевіркової вибірок. У результаті експериментів знайдено оптимальні значення параметрів для розглянутої задачі. Проведено порівняльні експерименти з оцінювання ефективності прогнозування CNFNN та нечіткої нейронної мережі ANFIS. Рис.: 8. Табл.: 5. Бібліогр.: 4 назв.

UDC 519.8

Cascade neo-fuzzy neural network in the forecasting problem at stock exchange / Zaychenko Yu.P., Hamidov Galib I. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 92–102.

A forecasting problem at the stock exchange is considered. For its solution the application of a cascade neo-fuzzy neural network (CNFNN) is suggested. The architecture of the neo-fuzzy neuron and architecture of CNFNN is presented. Training algorithms of CNFNN in packet mode and on-line are described and discussed. The experimental investigations of CNFNN for market index forecasting at the German stock exchange are carried out. During experiments, the number of cascades, inputs, linguistic terms, and the training-to-test ratio of samples were varied. In the experiments, the optimal values of the aforesaid parameters of the training algorithm were found. The comparative experiments estimating forecasting efficiency of the cascade neo-fuzzy neural network and FNN ANFIS were carried out. Fig.: 8. Tabl.: 5. Refs.: 4 titles.

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ, ПРОБЛЕМИ І
ТЕХНОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ
СИСТЕМ

MATHEMATICAL METHODS, MODELS,
PROBLEMS AND TECHNOLOGIES FOR
COMPLEX SYSTEMS RESEARCH

УДК 519.21

О существовании решения задачи Коши для нелинейного диффузионного стохастического дифференциально-разностного уравнения нейтрального типа в частных производных с учетом случайных внешних возмущений / Ясинский В.К., Юрченко И.В. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 103–114.

Рассмотрены вопросы существования решения задачи Коши в классе нелинейных диффузных стохастических дифференциально-разностных уравнений нейтрального типа в частных производных с учетом случайных внешних возмущений, независимых от винеровского процесса. Получены достаточные условия на коэффи-

циенты нелинейного диффузионного стохастического дифференциально-разностного уравнения нейтрального типа (НДСДРУНТ), которые гарантируют существование с вероятностью единица его решения. Методика доказательства базируется на результатах А.Н. Станжицкого и А.А. Цукановой о существовании и единственности решения задачи Коши для стохастического дифференциального уравнения реакции-диффузии нейтрального типа. Доказано существование «мягкого решения» НДСДРУНТ. В отдельных случаях подобные уравнения являются математическими моделями реальных процессов, которые предполагается рассматривать в дальнейших работах. Библ.: 12 назв.

UDC 519.21

On existence of solution of the Cauchy problem for nonlinear diffusion stochastic partial differential-difference equations of neutral type with random external perturbations / Yasynsky V.K., Yurchenko I.V. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 103–114.

The question related to the existence of the Cauchy problem solution in the class of nonlinear diffusion stochastic partial differential-difference equations of a neutral type with random external disturbances which are independent from the Wiener process is considered. Sufficient conditions are obtained for the diffusion coefficients of nonlinear stochastic differential-difference equations of a neutral type (NDSDRRNT) that guarantee the existence of the solution with the probability of 1. The method of the proof is based on the results of O.M. Stanzhitsky and A.O. Tsukanova on the existence and uniqueness of the Cauchy problem solution for the stochastic differential reaction-diffusion equation of a neutral type. In this paper, we prove the existence of a “mild solution” of NDSDRRNT. In some cases, such equations are mathematical models of real processes, the consideration of which is planned in the future work. Refs.: 12 titles.

МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА УПРАВЛІННЯ
СИСТЕМАМИ В УМОВАХ РИЗИКУ
І НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

METHODS OF SYSTEM ANALYSIS AND
CONTROL IN CONDITIONS OF RISK
AND UNCERTAINTY CONDITIONS

УДК 519.226

Методика выбора математической модели экологического процесса / Микунин В.В. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 115–129.

В XXI ст. поиск подходов к решению экологических проблем обусловлен угрозами существования окружающей среды в результате осуществления различных видов деятельности и бездеятельности человека. Более половины земной поверхности изменено человеком. Эта модификация называется изменением в землепользовании. Нелинейности в изменениях в землепользовании можно изучать с помощью инструментов интеллектуального анализа данных. Предложено рассматривать более подробно три модели для изменений землепользования: искусственные нейронные сети, методы классификации и регрессии с помощью построения дерева решений и многомерные адаптивные регрессионные сплайны. Сравняются результаты трех инструментов интеллектуального анализа данных. Рис.: 3. Табл.: 3. Библиогр.: 10 назв.

UDC 519.226

Method of choosing an environmental mathematical model / Mikulin V.V. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 115–129.

In the twenty-first century, the search for approaches to solving environmental problems is caused by the threat to the environment as a result of a variety of human activities, or lack thereof. More than half of the Earth's surface has been altered by people. This modification is called the change of land use. The nonlinearities in changes of land use can be studied with the help of data mining tools. It is proposed to consider the three

models for the change of land use: artificial neural networks, methods for solving problems of classification and regression method of building decision trees, and multidimensional adaptive regression splines. Further studies compared the results of three data mining tools. Fig.: 3. Tabl.: 3. Refs.: 10 titles.

УДК 004.942

Двумерная модель обучения в спайковых нейронных сетях с гомеостазом и обучением с подкреплением / Осауленко В.Н. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2017. — № 2. — С. 130–140.

Сложность молекулярных механизмов, которые поддерживают формирование памяти, затрудняет построение простых, но точных и исчерпывающих моделей для эффективного моделирования больших нейронных сетей. Предложена феноменологическая модель правила обучения, описывающая силу связи нейронов посредством медленной и быстрой переменных. Их взаимодействие позволяет сочетать обучение с подкреплением и обучение без учителя. Результаты показывают стабильность силы связи за счет сочетания двух переменных и быстрой гомеостатической пластичности. Мультипликативный способ масштабирования весов сохраняет паттерны памяти статистически более частых входных сигналов. Схожим образом к подходу дополнительных следов модель отслеживает последние изменения весов и позволяет их усилить. Приведены соображения о возможной биофизической интерпретации модели, которая включает в себя быстрое перемещение рецепторов к мембране и стабилизации их в кластеры. Рис.: 6. Библиогр.: 24 назв.

UDC 004.942

Two dimensional model of learning in spiking neural networks with homeostasis and reward / Osaulenko V.M. // System Research and Informational Technologies. — 2017. — № 2. — P. 130–140.

The huge complexity of molecular mechanisms that support memory formation makes it difficult to build simple, but precise and sufficient models for an efficient simulation of large neural networks. In this paper, we propose the phenomenological model of a learning rule that describes the synaptic strength via slow and fast variables. Two variables interact with each other in a bidirectional manner that allows to combine the reward and unsupervised learning. Results show the stability of synaptic strength due to coupling of two variables and fast homeostatic plasticity. The multiplicative approach of synaptic scaling preserves memory patterns of statistically more frequent input signals. Similar to the eligibility traces approach, the model tracks recent synaptic changes and allows to reinforce these changes. Also, we speculate on a possible biophysical interpretation of such a model that includes the fast movement of receptors to the membrane and their stabilization into clusters. Fig.: 6. Refs.: 24 titles.
