

ОРАЗБАЕВ КУАНЫШ ТОЛЕНДИЕВИЧ

Модельное обоснование эффективных способов квалиметрического  
регулирования достоверности параметров топокартографических основ  
местности

25.00.32 - Геодезия

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Республика Казахстан  
Алматы, 2010

Работа выполнена в Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева

Научный руководитель

академик НАЕН РК,  
доктор технических наук, профессор  
Курманкожаев А.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор  
Уставич Г.А.

кандидат технических наук,  
Веселова Н.Г.

Ведущая организация

Карагандинский государственный  
технический университет

Защита состоится «28» декабря 2010г. в 14.30 на заседании диссертационного совета Д 14.61.23 в Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул.Сатпаева, 22, ауд. 252 (ГМК). Телефон: 8(7272) 577289, факс: 8(7272) 926437  
dissov\_14.61.23@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, корпус ГМК.

Автореферат разослан «27» ноябрь 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор



Ж.Д. Байгурин

## Введение

**Актуальность темы.** Интенсивный рост производственно-рыночных нововведений и всемерная реализация в стране различных аспектов Земельного кодекса Республики Казахстан выдвигают важные проблемы перед топогеодезической службой. Социально-экономическое значение приобретают вопросы товарной значимости качества топографических и тематических карт и планов, отвечающих современным требованиям и мировым стандартам. Разнообразии множества элементов и признаков земной поверхности, взаимосвязанных между собой, позволяет представлять топографическую поверхность как случайное поле высот, структурированное в виде сложной геоморфологической системы. Это требует усовершенствования существующей методологии и развития новых прогрессивных методов, обеспечивающих достаточную достоверность и качественную полезность топографических основ местности. Точностные характеристики в качестве базовой основы топографо-геодезического обеспечения непосредственно влияют на эффективность решения комплекса задач, связанных с формированием рыночной окупаемости топокартографической продукции в целом. В связи с этим научные задачи проблемы повышения достоверности параметров топокартографической продукции с учетом влияния базовых показателей топографического массива местности с достаточной полнотой представляются актуальными. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Казахского Национального Технического Университета им. К.И.Сатпаева по теме фундаментального исследования «Создание квалиметрической основы теории регулирования и аналитической системы оценки качества продукции недропользования» (Ф.0352-3, 2007-2009 гг.) и хоздоговорными темами.

**Цель работы состоит в** модельном обосновании эффективных способов квалиметрического регулирования достоверности параметров топокартографической основы местности, позволяющих повысить ее эффективность.

**Идея работы** заключается в использовании закономерности формирования видов точностных характеристик топографической основы местности для обоснования эффективных способов регулирования достоверности их параметров.

Для достижения цели в диссертации решены следующие **основные задачи**:

- анализ и оценка традиционных способов регуляционных точностных характеристик топокартографической основы местности;
- обоснование базовых стандартообразующих показателей достоверности параметров топографической основы и квалиметрическая параметризация их точностных характеристик;
- разработка структурно-информационной модели формирования базовых стандартообразующих показателей достоверности параметров топокартографической основы местности;

- разработка методики и способов квалиметрического регулирования достоверности топокартографических основ местности.

**Научная новизна** работы состоит в следующем:

- квалиметрическая параметризация точностных характеристик параметров топографической основы местности впервые аналитически модифицирована с привлечением реальной, прогнозируемой, требуемой и гарантируемой точности;

- разработана структурно - информационная модель формирования стандартообразующих величин, впервые модифицированная с привлечением, слагаемых достоверности: среднеквадратической погрешности измерения характеристики информативности, априорных прогнозируемого и предельного значений

- создана методика регулирования достоверности параметров топоосновы местности, в основу которой впервые положены доверительные интервальные оценки, предельные графодоступные элементы топоосновы и степень изменения ошибок в зависимости от размеров измеряемых величин, что обеспечивает стандартизируемый уровень достоверности;

- разработан способ оценки зависимости среднеквадратической погрешности от размера измеряемого топографического признака, для которой впервые получено аналитическое выражение.

**Научные положения и результаты**, выносимые на защиту:

1 Комплексное использование параметрических факторов, влияющих на регулирование точностных характеристик достоверности, с учетом их взаимосвязи позволяет повысить полноту и полезность топокартографической основы местности.

2 Полнота и достоверность параметров топокартографической основы местности обеспечивается на основе структурно-информационной модели квалиметризации стандартообразующих точностных их характеристик.

3 Квалиметрические оценочные критерии регулирования точностных характеристик топокартографической основы местности, параметрически модифицированные в виде аналитических оценок по рекомендуемой методике, позволяют повысить ее полноту и геометрическую достоверность.

**Обоснованность и достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются реальной приемлемостью и комплексностью разработанных аналитических оценок для регулирования погрешностей, возникающих при подготовке планов и карт местности; базированием результатов исследований на достоверных фактических данных и топогеодезических материалах; подтверждаемостью эффективности разработанных способов оценки и регулирования точностных характеристик достоверности параметров топокартографической основы местностей.

**Личный вклад автора** состоит в получении обоснованных научных результатов и научных положений, выносимых на защиту; в проведении морфометрического анализа влияния исходных величин на точностные характеристики рельефа; разработке методик зависимости рельефа комплекса факторов, влияющих на достоверность определения параметров формирования

уровня топокартографической основы; разработке способов регулирования достоверности параметров топографической основы местности.

**Практическая ценность работы** состоит в разработке завершенных и подготовленных к внедрению способов квалиметрической оценки влияния комплекса особенностей морфометрических признаков рельефа на формирование точностных характеристик достоверности параметров планов и карт местности; в обосновании рабочих формул определения основных видов погрешностей в зависимости от геометрических особенностей размещения основных показателей рельефа местности.

**Методы исследований.** В ходе диссертационного исследования применялся комплексный метод включающий методы морфометрического и вероятностно-статистического анализа, теории ошибок, способы структурно-аналитических и прогнозных оценок, теории математической отработки результатов геодезических измерений, моделирования и экспериментальных оценок.

**Реализация результатов работы.** Основные результаты работы могут быть использованы при съемке и составлении топографических планов и карт местности с различной достоверностью. Разработанные способы оценки и регулирования точностных характеристик планов и карт приняты к внедрению в условиях предприятий Агентства по управлению земельными ресурсами Республики Казахстан. Использование методических разработок при съемке местности и составлении топографических и тематических карт позволяет установить рациональное значение их точностных характеристик и устранить проведение повторных топогеодезических работ и составление планов и карт по местностям с различной сложностью рельефа. Ожидаемый расчетный экономический эффект по одному Алматинскому государственному казенному предприятию «Геокарт» составляет 75 млн. тенге.

**Апробация работы.** Основные научные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на Первой международной научно-практической конференции «Современное состояние и проблемы инженерной экологии, биотехнологии и устойчивого развития» (Алматы, 2010 г.), Пятой международной научно-практической конференции «Проблемы индустриально-инновационного развития горно-добывающих отраслей промышленности и мировая геополитика освоения хризолитового волокна» (Житикара 2010 г.); на производственно-техническом заседании сотрудников ДГП «АлматыНПЦзем», на заседании кафедры «Инженерная геодезия и землеустройство» КазНТУ им.К.И.Сатпаева; а также представлены в Вестниках КазНТУ им. Сатпаева и КазГАСА.

**Публикации.** Основное содержание диссертации и результаты исследований опубликованы в виде 12 научных трудов, из них 7 в научных изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников из

128 наименований, изложена на 110 страницах компьютерного набора, содержит 9 таблиц, 7 рисунков.

### **Основная часть**

Различные вопросы практики и методы выбора параметров регулирования достоверности при топографической съемке изложены в ряде научных трудов среди которых следует отметить работы зарубежных ученых Ю.И. Маркузе, А.Г. Чибуничева, Ю.К. Неумывакина, В.С. Девдариани, Т.Г. Малахова, Г.В. Багратуни, И.И. Павлова, А.Н. Шехтмана, В.М. Гудкова, В.Р.Рахимова, В.Н. Попова, а также отечественных ученых А.Ж. Машанова, Е.В. Мастицкого, А. Курманкожаева, Н.Б. Калабаева, Р.Н. Низаметдинова, Ж.Д. Байгурина и др.

В настоящее время регулирование и реализация качества продукции земле и- недропользования осуществляются на основе законодательных, нормативно-правовых и методических документов. Выбор номенклатуры показателей качества для продукции осуществляется с учетом требований потребителей исходя из отечественных и международных стандартов и других промышленных источников информации. Комплекс стандартов на продукцию является ее своеобразной организационно-технической моделью, а система стандартов, включающая комплекс стандартов на продукцию и комплекс стандартов на элементы производства, – моделью процесса производства. Повышение точности этой модели требует обоснованности устанавливаемых к качеству продукции требований, отвечающей международным стандартам. Оценка количественных показателей продукции, по существу, служит основным компонентом генеральной цели квалиметрии в картографии.

Более весомым действенным фактором является достоверность, влияние которой на формирование планов и карт носит функциональный характер и отличается неопределенностью и неизбежностью во многих ситуациях использования информации. Важность этого главного фактора воздействия которое заключается в том, что любые отклонения, несоответствия и другие нарушения при создании товарной формы картографической продукции, как правило, приводят к изменению ее потребительской ценности.

В основу методологии квалиметризации показателей достоверности положена квалиметрическая концепция оценки топокартографической продукции, обоснованная проф. А. Курманкожаевым, в которой учитываются современные нововедческие представления о квалиметрической значимости и потребительской их полезности. В соответствии с выдвинутыми концептуальными положениями комплексированы существующие и вновь усовершенствованные методические разработки, отражающие меры точности и геометрии распределения морфометрических признаков, особенностей и закономерностей, присущих формированию параметров топокартографической продукции.

В основе квалиметрической концепций в сочетании с принципами методов геоморфологии и морфометрического анализа и геометрии георесурсов лежит представление о достоверности как об обобщенный квалиметрическом

показателе, характеризующий полезности данной продукции, оцениваемом через точностные характеристики и служащем базовой оценкой эффективности формирования картографической продукции. Концептуальная связь полезности, достоверности и точности функционально отражает сущность параметризации квалиметрических показателей достоверности.

**Разработана структурно–информационная модель формирования базовых стандартообразующих величин достоверности параметров топокартографической продукции,** основанная на концепции квалиметрической структуризации категории достоверности с привлечением традиционных оценок точности, в сочетании с информативностью и значимостью данного показателя. Эти точностные характеристики достоверности модифицированы в стандартизируемые квалиметрические оценки. При этом оценка достоверности рассматриваемого показателя топокартографических работ осуществляется по составляющим исходным величинам, определяющим его уровень. Такой дифференцированный подход к оценке достоверности согласно концепции квалиметризации определяющих его исходных величин, придает содержанию достоверности квалиметрическую сущность. В качестве стандартообразующих величин достоверности приняты виды точности результатов определения оцениваемого показателя топокартографической продукции. Этот класс различных типов точности модифицирован путем усиления оценочного характера их действия в виде системы критериев формирования уровня достоверности, которым придан оценочный характер.

Система критериев достоверности формирования продукции содержит:

- критерий реального обеспечения точности результатов определения показателя–параметра;
- критерий оценки прогнозируемой точности параметра;
- критерий оценки требуемой точности показателя – параметра;

Под критерием прогнозируемой точности показателя подразумевается точность, прогнозируемая по стадиям формирования топокартографической продукции. Критерий требуемой точности устанавливает доступный интервал изменения показателя и позволяет оценить точность, которую должна обеспечивать геодезическая служба, чтобы можно было достоверно судить, соответствует ли та или иная товарная продукция требованиям стандарта или технического условия и требованиям потребителей. Под критерием реальной точности подразумевается точность, обеспечиваемая в тех или иных конкретных условиях формирования показателя топоосновы местности. Под стандартизированной и гарантированной системой точностей подразумевается комплекс нормативно - технических параметров, регламентирующих с той или иной полнотой точности результатов определения параметров топокартографической продукции.

Рекомендуемая система критериев служит основой для обеспечения реальной достоверности не ниже, чем стандартизованный ее уровень при формировании параметров топокартографической продукции при подготовке товарной готовности к реализации.

Для регулирования достоверности параметров топокартографической продукции требуется наличие заданного поля допуска, количественно характеризующего риски поставщика и потребителя. Оно нужно, как аргумент, когда надо рассчитать (согласовать) точность результатов, определенную по сравнению с границей поля допуска. Важно использовать ранее накопленную (априорную) информацию и контролируемые величины относительно поля допуска.

Структурно-информационная модель формирования стандартообразующих величин слагаемых достоверности параметров топокартографической продукции исходит из аналитического представления потенциальной вероятности правильного оценивания составляющих его точностных характеристик и выражается через антисимметрические функции в виде

$$P = F_1(\Pi, S, N), \quad (1)$$

где  $\Pi = f_2(U_K, \sigma_{cl}, \sigma_{ct})$  – приведенная характеристика точности результатов определения параметров топокартографических работ; S – амплитудная обобщенная характеристика разброса показателей топокартографической работ; N – регуляционная характеристика нормативного соответствия показателей топокартографических работ.

Величина обобщенной амплитудной характеристики рассеяния (размаха) показателей топокартографических работ (S) определяется относительно требуемого допуска с учетом случайных отклонений ( $\sigma_{cl}$ ) и смещения размаха относительно границ поля допуска ( $E_p$ ):

$$S = f_3(U_p, \sigma_{cl}, E_p''). \quad (2)$$

Величина регуляционной характеристики нормативного соответствия показателей топокартографических работ (N) определяется через поле допуска ( $2\delta$ ).

$$N = f_4(2\delta). \quad (3)$$

Квалиметрическая логическая схема регулирования достоверности морфометрического параметра с учетом взаимосвязи его составляющих обобщенно представлена на рисунке 1.

Критерием квалиметрического регулирования формирования топокартографической продукции выступает уровень достижения некоторого оптимального соотношения между значениями величин P,  $\Pi$ , S, N и всех величин, их определяющих. Это оптимальное соотношения между величинами P,  $\Pi$ , S, N и их составляющими учитывает их взаимосвязи и совместно с результатами оценки дает возможность получить объективные квалиметрические оценки достоверности выводов – заключений о состоянии топопродукции и регулировать ее, как  $P = F_1(\Pi, S, N)$ . Появляется возможность обоснованно согласовывать нормативы показателей с возможностями ( $S = F_2(P, \Pi, N)$ ) и обоснованно назначать требования к достоверности, ( $\Pi = F_3(S, N, P)$ ).



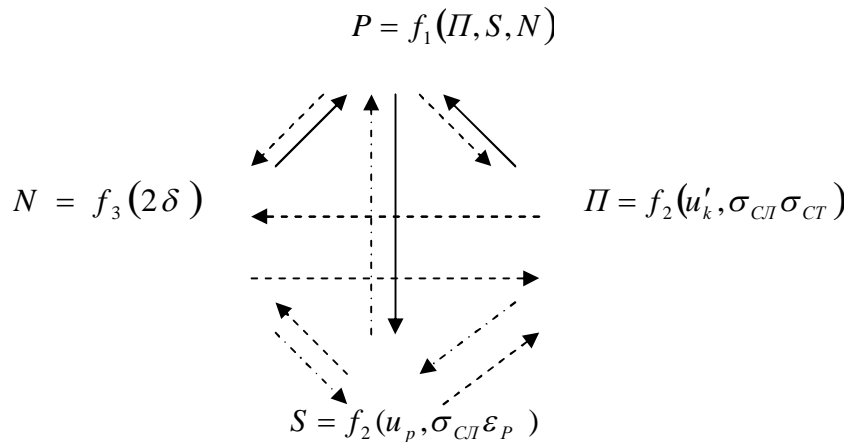


Рисунок 1 – Квалиметрическая логическая схема связи между регуляционными показателями достоверности формирования топокартографической продукции.

Обобщенная схема направлена на принятие решений в случаях, когда погрешности результатов определения малы. Контроль сводится в разделению распределения значений достоверности регулируемого показателя на зоны, соответственно меньшие или большие допустимых значений достоверности соответствующих норме. Разделяющим признаком служат границы поля допуска  $2\delta = \delta_2 - \delta_1$  (где  $\delta_2$  и  $\delta_1$  - верхняя и нижняя границы соответственно), относительно которого регулируется степень достоверности параметра топографической основы. В случаях, когда погрешностями результатов определений пренебречь нельзя, наличие их приводит к тому, что часть показателей может ошибочно отнесена к недостоверным, и наоборот. Вероятность ошибочно принять достоверным рассматриваемый показатель следует рассматривать как характеристику риска исполнителя, а вероятность ошибочно оценить показатель достоверным - как характеристику риска потребителя. Системно-информационная модель формирования стандартообразующих величин достоверности (1) с учетом выбранных квалиметрических исходных слагаемых достоверности обобщенно имеет вид

$$F(D_x) = f_1(m_{x_1}) \cdot f_2(m_{x_2}) f_3(m_{x_3}) f_4(m_{x_4}). \quad (4)$$

Коэффициент  $f_1(m_p)$  отражает влияние на точность определения оцениваемого топокартографического показателя и выражается в долях среднеквадратической погрешности его измерения  $m_{сл}$  в виде

$$f_1(m_p) = \frac{1}{m_{сл}}. \quad (5)$$

Коэффициент информативности  $f(m_{ин})$  отражает информативность оцениваемого потребительского топокартографического показателя и выражается через численное отношение фактической информативности ( $U_\phi$ ) к ее максимальному значению ( $U_{max}$ ):

$$f_2(m_{ин}) = \frac{U_{\phi}}{U_{\max}}. \quad (6)$$

Коэффициент априорной точности  $f(m_{np})$  отражает степень априорного влияния прогнозной величины точности оцениваемого топокартографического показателя и выражается в долях нормируемого ее абсолютного значения ( $m_{np}$ ):

$$f_3(m_{np}) = \frac{1}{m_{np}}, \quad (7)$$

Весовой коэффициент значимости  $f(m_g)$  отражает степень потребительской важности оцениваемого топокартографического показателя и выражается через численное отношение среднего ( $x_{cp}$ ) к максимальному предельному значению этого показателя ( $x_{пред}$ ):

$$f_4(m_{зн}) = \frac{x_{cp}}{x_{пред}}. \quad (8)$$

Категория достоверности в отличие от практикуемого ее точностного понимания приобретает новое квалиметрическое содержание, включающее различные аспекты рыночной полезности, информационной ценности и товарной значимости топокартографической продукции с привлечением нормативно регламентирующих стандартообразующих величин, а также технических сертификационных и отдельных требований потребителей.

**Методика регулирования достоверности параметров топокартографической основы местности** основана на стандартообразующих квалиметрических оценочных критериях параметрически модифицированных применительно к условиям топокартографических работ. На практике для формирования исходных составляющих топоосновы местности существуют официальные нормы точности определения их результатов, хотя и не на уровне стандартов, но как аналогия понятий стандартизированной точности. Квалиметризация показателей прогнозной, требуемой и реальной точностей предусматривает их оптимизацию на уровне формирования карт и планов местности. Задача стандартизации этих величин сводится к приведению их в квалиметрическое соответствие с сертификационными требованиями – параметрами топокартографической продукции путем обоснования их значений. Значения этих точностных характеристик должны быть оптимальным с точки зрения квалиметрических требований и стандартов, связанных с достоверностью и полезностью реализации топокартографической продукции.

Рекомендуемая методика квалиметрического регулирования достоверности параметров топографической основы местности включает способы оценки достоверности по трем оценочным критериям. В качестве первого из них принимаются доверительные интервалы, второго- предельные графодоступные элементы топоосновы, третьего- степень изменения ошибки в зависимости от размеров измеряемых величин.

**Способ квалиметрического регулирования достоверности по доверительным интервальным оценкам** основан на концепции использования доверительных интервалов с доверительными вероятностями. В

качестве стандартообразующих критериев оценки точностных характеристик параметров планов и карт значения параметров лежат между ними (нижними и верхними). Согласно свойствам доверительных интервалов истинное утверждение верно с вероятностью  $1-\alpha$  и неверно с вероятностью  $\alpha$ . Следовательно, величина  $\alpha$  выбирается достаточно малой (обычно  $\alpha=0,05$  или  $0,01$ ) и число  $2=1-\alpha$  называется доверительной вероятностью ( $2= 0,95; 0,98; 0,99; \text{ реже } 0,999$ ). Соответствующие доверительной вероятности, квантильные границы называются доверительными границами, а образуемой ими интервал – доверительным интервалом или доверительной оценкой. Принято, что уровень значимости и уровень достоверности в сумме должны давать единицу ( $0,95+0,05=1,00$ ). Здесь уровень значимости есть максимум таких вероятностей, при которых события можно считать практически невозможными.

Если число  $n$  не очень велико, доверительный интервал определяется как  $\chi - t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \chi + t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ; где  $t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}}$  – значение аргумента функции Стьюдента, соответствующее значению вероятности  $1-\alpha/2$  (берется из таблицы).

Для определения доверительного интервала, используется также приближенная формула

$$\sigma_{s_n} = \frac{\sigma_s}{\sqrt{2(n-1)}}, \quad (9)$$

где  $\sigma_{s_n}$  – средняя квадратическая погрешность измерений.

Доверительная вероятность одного определения показывает степень достоверности и может быть подсчитана по формуле

$$a_D = P \left[ x - \frac{\Delta_{\text{lim}}}{\sqrt{n}} \leq a \leq x + \frac{\Delta_{\text{lim}}}{\sqrt{n}} \right] \quad (10)$$

Здесь величина  $\Delta_{\text{lim}}$  служит показателем фактической точности результатов определений (измерений). По традиции при нормальном распределении погрешностей эта величина принимается равной  $\pm \Delta_{\text{lim}} = \pm 3\sigma_x$ . В этом случае доверительная вероятность составляет  $a_{\text{ДН}} = 0,9973$ .

Способ доверительной интервальной оценки заключается в использовании вероятности нахождения попадания величины достоверности в допустимые стандартизированные пределы для регулирования слагаемых ее точностных характеристик. Поскольку вероятность нахождения любого показателя в заданном интервале зависит от вида распределения, описывающего значение этого показателя примем, что величина отклонения фактического значения слагаемых видов точности достоверности от истинного описывается нормальным распределением. Отсюда вероятность нахождения величины достоверности в стандартизированном доверительном интервале ( $D-z\delta < \delta < D+z\delta$ ) в силу симметричности нормального распределения функции Лапласа  $\varphi(t)$  находятся в виде

$$P(-t\delta < \delta < +t\delta) = \Phi(t) \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-t^2/2} dt. \quad (11)$$

Амплитудный размах доверительных интервалов  $(-t\delta)$  и  $(+t\delta)$  указывает на уровень колебания фактических значений слагаемых видов точности достоверности рассматриваемого топокартографического показателя.

Соответственно найденной вероятности нахождения величины достоверности в стандартизированном доверительном интервале выход ее значения за пределы этих доверительных интервалов будет характеризоваться вероятностью

$$Q=1-P(-t\delta < \delta < +t\delta). \quad (12)$$

В практике топогеодезических работ соблюдаются установленные конкретные допустимые погрешности. Отбрасывание результатов, достоверность которых за пределом допуска, приводит к необходимости повторения таких измерений (или определений). В практике научных исследований величина риска выхода величины погрешности за допустимые пределы принимается равной 5%.

В данном варианте регулирования величины достоверности показателя вероятность нахождения его значений в заданных интервалах определялась для проектных случаев, когда колеблемость значений достоверности подчиняется распределению нормального типа. Однако, как показали результаты многих исследований, отклонения значений топографического показателя от истинного не всегда описываются нормальным знаком. Для этих случаев более обоснованным представляется использование композиционного типа распределения. Для этой цели нами выбрана композиция двух антихарактерных типов распределений, т.е. композиция нормального и равномерного законов распределения.

Плотность вероятности для композиции двух законов распределения вероятностей при условии их независимости выражается в виде произведения двух функций

$$F(z)=f_1(z)f_2(y) \quad (13)$$

где  $f_1(z)$  – плотность вероятности нормального закона распределения с параметрами  $m$  и  $\sigma$ ;  $f_2(y)$  – плотность вероятности равномерного закона распределения.

Вероятность попадания случайной величины в заданный доверительный интервал значений показателя определяется соотношением

$$P(\alpha \leq y \leq b) = \left[ \Phi\left(\frac{b}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha}{\sigma}\right) \right] \frac{1}{b-\alpha}, \quad (14)$$

где  $\alpha, b$  – доверительные интервалы.

Коэффициент  $(t)$  определяется через функцию плотности распределения  $\varphi(x)$  путем ее интегрирования при  $x_1 = \alpha - t\delta$  и  $x_2 = \alpha + t\delta$ :

$$P_{\alpha-t\delta}^{\alpha+t\delta} = \int_{\alpha-t\delta}^{\alpha+t\delta} \varphi(x) \cdot dx, \quad (15)$$

Из этого равенства выводится аналитическое выражение зависимости между плотностью  $P$  и коэффициентом вероятности  $t$  для каждого заданного значения вероятности  $P$ , т.е. величина  $t$  находится в зависимости от требуемой вероятности (по таблице Лапласа)

**Способ квалитметрического регулирования достоверности по графодоступным предельным элементам топоосновы** базируется на использовании предельных графо-доступных масштабообразующих величин ( $A_{\min}$ ,  $a_{\min}$ ) в качестве стандартообразующих критериев оценки параметров топоосновы местности с привлечением характеристик распределения. Такой подход обусловлен свойствами параметра моды, который является главным теоретическим параметром распределения из всех возможных значений признака, наиболее достоверным, имеющим наибольшую вероятность появления, наиболее достоверным его значением, близким к истинному среднему, является его модальное значение. Решение задачи определения модальных значений величин  $A_{\min} A_{\max}$  сводится к установлению вида их распределения в области минимальных значений ( $A_{\min}$ ), по которому находится модальная величина  $A_{\text{мо}}$  с достаточно высокой частотой распространения.

Такие масштабообразующие геометрические элементы в топогеодезической практике широко распространены, как длина отрезка линий, линейная на плане ( $a$ ) и соответствующая ему длина линейного отрезка линии на местности ( $A$ ), которую нужно изобразить на топографической основе. Традиционно считается, что полнота отображения элементов местности характеризуется наименьшей ее деталью, которую нужно нанести на план, а также точностью и детальностью (подробностью) изображения элементов местности (изгибов, изломов контуров и т.д.), определяемыми графическими возможностями. Определение этих величин носит эмпирическо-экспериментальный характер и зависит от характера местности и требований проектирования. При заданном  $a_{\min}$  в зависимости от каждого масштабообразующего фактора определяется  $A_{\min}$ . При выборе конкретного значения  $A_{\min}$  следует находить такое ее значение, для которого присуща наибольшая вероятность появления. При составлении проекта генерального плана города это 10 м, для проекта детальной планировки до 2-х м, при разработке технического проекта достаточно отображения деталей размером 0,5 м, а в рабочем проекте показывают детали размером до 0,1 см. Однако в той части проектов, где используется топографическая основа, ограничиваются изображением деталей величиной до 0,2 м.

Во всех случаях установления необходимой полноты, детальности и точности, удобства чтения плана и карт непосредственной участие принимает и весомое значение имеет величина минимального отрезка линии на топографической основе ( $a_{\min}$ ). Выбор величины  $a_{\min}$  обуславливается удобством, наглядностью восприятия и чтения рельефа на плане и карте, которые исходят из психофизиологических факторов воздействия. При проектно-строительном и другом инженерном использовании топографических планов и карт существуют некоторые основания для того, чтобы принять для практического использования  $a_{\min} 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$  и  $a_{\max} = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$ . Для определения величин  $a_{\min}$  и  $a_{\max}$  при различных сечениях рельефа на планах и картах рекомендуется использовать равенства

$$\begin{cases} a = \frac{h_0}{N_i} i, \\ N = \frac{A_{\min}}{a_{\min}} i, \end{cases} \quad (16)$$

где  $N$  – знаменатель масштаба;  $h_0$  -высота сечения;  $i$  – уклон местности.

На основе этого равенства связи  $a$ ,  $h$ ,  $N$ , могут быть выделены зоны оптимального изображения ( $l_{\min}, l_{\max}$ ), закономерности изменения размеров величин  $A$  и  $a$  в зависимости от масштаба, высоты сечения и других геоморфологических характеристик рельефа местности.

Результаты многих исследований морфометрических признаков и показателей топокартографической основы показывают, что значения их в основном описываются правоасимметричными унимодальными вероятностно-структурным, логнормальным распределениями, а также распределением Вейбулла, которым присущи правоасимметричность и унимодальность общего вида. Следовательно, здесь целесообразно учесть известное статистическое положения о том, что вид распределения изучаемого показателя не изменится при рассмотрении распределения по отдельно взятой части из области его значений, включая минимальные и максимальные значения этого показателя по объекту.

Таким образом, квалитметрически стандартообразующая величина  $A_{\min}$  находятся через модальные параметры приведенных выше типов правоасимметричных унимодальных распределений. Для этой цели нами установлены модальные параметры по вероятностно-структурным, логнормальным, гамма-распределениям и распределению Вейбулла. Модальные значения определяются легко и просто по гистограмме, а также путем подсчета наблюдаемых особенностей по этим распределениям изучаемого показателя.

Основным недостатком изложенных традиционных способов определения модального значения является необходимость наличия достаточного объема совокупности измеренных значений изучаемого показателя, вследствие чего приведенные выше формулы часто приводят к неверным результатам из-за недостаточности сформированной статистической совокупности. Для устранения этих недостатков распространенных в практике топогеодезических работ, нами рекомендуется способ определения предельных величин  $A_{\min}$  и  $\alpha_{\min}$ . Этот способ основан на аналитическом выводе формулы определения модального параметра по видам теоретических распределений вероятностей, удовлетворительно описывающих изучаемый показатель топокартографических работ. Здесь особо учтено, что распределение величины  $A_{\min}$  и  $\alpha_{\min}$  имеет такой же вид теоретического распределения, как и у данного показателя местности, для которого устанавливается величина  $A_{\min}$ . (таблица 1)

На основе результатов изучения и анализа теоретических распределений, положительно описывающих основные морфометрические и другие показатели местности, выведены расчетные формулы определения модального параметра

по вероятностно-структурному, логнормальному, гамма-и распределению Вейбулла.

Таблица 1 - Значения моды признака ( $X_{mo}$ ) и модальной частоты по теоретическим распределениям

Нормальное распределение	$x_{mo} = x_{cp}$	$f_{mo} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$
Распределение Вейбулла	$x_{mo} = V$	$\exp\left[-\left(\frac{bx_{mo}}{x}\right)^m\right]$
Логнормальное распределение	$x_{mo} = 10\bar{\alpha} - \beta_{\lambda}^{-2} / M,$ ( $M = 0,4343$ )	$f_{mo} = \varphi(-\sigma) / \sigma x_{mo}$ ( $\varphi(-\sigma) - \phi$ .Лапласа)
Показательное распределение	$x_{mo} = x_{min}$	$f_{mo} = 10^{-0,43\lambda x_{mo}}$
Равномерное распределение	$x_{mo} = n_i$	$f_o = \frac{1}{b-a}$
Вероятностно-структурное распределение	$x_{mo} = x_{cp}$	$f_{mo} = \frac{2\beta}{\pi}$

**Способ квалитетического регулирования достоверности по степени изменения ошибок в зависимости от размеров измеряемых величин** основан на использовании зависимости среднеквадратической погрешности от размеров измеряемых величин. Зависимость среднеквадратической ошибки измерения геодезического или морфометрического параметра топографического массива местности от абсолютного размера этого параметра наблюдается визуально во многих случаях. Однако эта связь конкретно не установлена в аналитическом виде. Вид этой зависимости не является вполне определенным, так как признаки, которые она связывает, подвержены влиянию многочисленных случайных факторов.

Для определения тесноты и формы связи среднеквадратической ошибки измерения и абсолютного размера геодезического параметра нами использован метод корреляционно-регрессионного анализа. Для этой цели в качестве натурно- экспериментальных базовых данных использовались значения среднеквадратической ошибки измерения длины теодолитного хода  $m_L$  и длины стороны этого хода  $L_{T.X}$  ( $n=190$ ).

По результатам вычисления значений коэффициента корреляции ( $z=0,50$ ) и коэффициента корреляционного отношения ( $\eta=0,72$ ) установлено, что связь между среднеквадратической ошибкой измерения и абсолютным размером длины стороны теодолитного хода существенная и имеет криволинейную форму ( $z \leq \eta$ ).

С привлечением вычисленных значений эмпирических статистических коэффициентов уравнения регрессии получены в виде

$$m_L = 0,0021\sqrt{L} + 0,000011L - 0,0012,$$

$$m_L = 1,25 \exp\left[0,0022\left(\frac{L_i}{27,5}\right)\right].$$

Теснота между среднеквадратической погрешностью измерения  $m_L$  и длины сторон теодолитного хода  $L_{т.х}$  при использовании уравнений регрессии экспоненциального типа намного выше, чем при применении уравнений регрессии параболического типа. Следовательно, зависимость между среднеквадратической погрешностью измерения длин сторон теодолитного хода и абсолютными размерами их величин определяются прямо пропорциональной закономерностью с достаточной точностью ( $\eta=0,72$ ) и описывается с экспоненциальным уравнением в виде (рисунок 2)

$$m_L = L_{np} \exp\left(K \frac{L_i}{L_{cp}}\right) \quad (17)$$



Рисунок 2- Зависимость среднеквадратической погрешности от размеров измеряемых величин.

По результатам статистического анализа связи среднеквадратической погрешности и длины сторон теодолитного хода можно сделать вывод, что абсолютные значения исходных величин непосредственно влияют на величину ошибки их измерения.

### Заключение

В диссертационной работе изложены новые обоснованные результаты по решению важной научно-технической задачи разработки эффективных способов и методики регулирования точностных характеристик параметров топокартографической основы местности, использование которых позволяет повысить эффективность их подготовки и достоверность.

Основные результаты исследований по теме диссертации заключаются в следующем:

1 Проведен анализ современного состояния проблемных задач формирования топокартографической основы местности; традиционных методов оценки точностных характеристик; обоснована руководящая концепция квалиметризации точностных характеристик достоверности, позволяющих учесть особенности размещения основных характеристик, сложность и коррелированность морфометрических признаков.

2 Определены базовые показатели достоверности параметров топографической основы местности, комплексированные в единую систему квалиметрических критериев, модифицированных с привлечением



стандартизируемых показателей реальной, прогнозной, требуемой и гарантированной точностей.

3 Рекомендована квалитетрическая схема регулирования достоверности параметров топографической основы местности, включающая взаимосвязанные аносимметрические оценки, по которым учитываются потенциальная вероятность надежной оценки достоверности, мера размаха и требуемые (стандартизированные) точностные характеристики, что создает условия для регулирования оптимального соотношения между этими оценками.

4 Разработана структурно-информационная модель формирования стандартообразующих величин достоверности параметров топокартографической основы местности, содержащая параметризованных коэффициенты реальной прогнозной точности, информативности и весовой значимости значения показателя.

5 Разработана методика квалитетрического регулирования достоверности параметров топографической основы местности, основанная на использовании комплекса оценочных критериев, параметрически модифицированных по доверительным интервальным оценкам точностных характеристик топографической основы местности; графодоступным предельным элементам топографической основы местности, степени изменения ошибок в зависимости от размеров измеряемых величин.

6 Эффективность выполненных прикладных разработок в виде структурно-информационной модели формирования стандартообразующих величин достоверности, способов квалитетрического регулирования достоверности по оценочным критериям, включающих доверительные интервальные оценки, графодоступные и масштабообразующие предельные элементы топографической основы местности и зависимости ошибок от размеров измеряемых величин, вытекает из повышения достоверности и дифференцированного регулирования составляющих ее точностных характеристик при формировании топокартографической продукции.

Экономическая эффективность достигается за счет устранения повторных измерений и графоаналитических процедур формирования параметров планов и карт.

Ожидаемый расчетный экономический эффект от реализации выполненных прикладных разработок по РКП «Геокарт» Агентства управления земельными ресурсами составляет 75 млн. тенге.

**Оценка полноты решения поставленных задач.** Цель, поставленная в работе, достигнута, сформулированные задачи, включающие проведение теоретических и методологических исследований по созданию модели и способов регулирования достоверности параметров топокартографической основы местности, решены с достаточной полнотой, выполненные разработки являются завершенными и доведены до практического внедрения.

**Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов.** Эффективность выполненных прикладных разработок в виде структурно-информационной модели формирования

стандартообразующих величин достоверности, способов квалиметрического регулирования достоверности по оценочным критериям, включающих доверительные интервальные оценки, графодоступные и масштабообразующие предельные элементы топографической основы и зависимости ошибок от размеров измеряемых величин, вытекает из повышения достоверности и дифференцированного регулирования составляющих ее точностных характеристик при формировании топокартографической продукции. Экономическая эффективность достигается за счет устранения повторных измерений и графоаналитических процедур формирования параметров планов и карт.

**Оценка технико-экономической эффективности внедрения.** Основные результаты работы могут быть использованы при съемке и составлении топографических планов и карт местности с различной достоверностью. Разработанные способы оценки и регулирования точностных характеристик планов и карт приняты к внедрению в условиях предприятий Агентства по управлению земельными ресурсами Республики Казахстан. При съемке местности и составлении топографических и тематических карт использование методических разработок позволяет устанавливать рациональные значения их точностных характеристик и устранять проведение повторных топогеодезических работ и составление планов и карт по местностям различной сложности. Ожидаемый расчетный экономический эффект по одному Алматинскому государственному казенному предприятию «Геокарт» составляет 75 млн. тенге.

**Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в этой области.** В диссертационной работе впервые:

- установлено, что эффективность методики регулирования достоверности параметров планов и карт зависит от особенностей размещения основных характеристик, сложности и коррелированности морфометрических признаков топографического массива местности и относительной соизмеримости исходных величин реальной, прогнозной, требуемой и гарантированной точностей их определения;
- разработана структурно-информационная модель формирования стандартообразующих величин достоверности параметров топокартографической основы местности, содержащая параметризованные коэффициенты реальной и прогнозной точностей информативности и коэффициента влияния весовой значимости показателя;
- разработана методика квалиметрического регулирования достоверности параметров топографической основы местности, основанная на использовании комплекса оценочных критериев, параметрически модифицированных по доверительным интервальным оценкам точностных характеристик и графодоступным предельным элементам топографической основы местности, степени изменения ошибок в зависимости от размеров измеряемых величин.

**Список опубликованных работ по теме диссертации**

1 Оразбаев К., Байдаулетова Г.К., Жусупбеков С.С. Типологизация общих рисков ситуаций техногенного характера в условиях различных отраслей производства // Вестник КазГАСА.-2010.- № 3 (37). С. 50-52.

2 Оразбаев К. Задачи регулирования отходообразования при добыче высокоценных руд // Вестник КазГАСА.-2010. -№ 3 (37). С. 109-112.

3 Оразбаев К., Калабаев Н. Формирование и оценка выходов продукции при освоении георесурсов // Вестник КазГАСА.-2010.- № 3 (37).С. 146-149.

4 Оразбаев К., Курмакожаев А., Байдаулетова Г., Жусупбеков С. Методология оценки риска при съемке местности с учетом значимости // Вестник КазГАСА.-2010- № 3 (37). С. 155-158.

5 Оразбаев К., Солтабаева С. Введение в задачи оценки риска // Вестник КазГАСА.-2010.- № 3 (37).С.178-180.

6 Оразбаев К., Калабаев Н.Б., Курманкожаев А. К. Теории выбора главного функционального показателя квалиметрической картографии // Материалы Пятой международной научно-практической конференции «Проблемы индустриально-инновационного развития горнодобывающих отраслей промышленности и мировая геополитика освоения хризотилового волокна».-Житикара, 2010.С. 374-376.

7 Оразбаев К. Методика обоснования базовых стандартообразующих величин показателей достоверности топогеодезических работ //Вестник КазНТУ.-2010.- №5.С. 78-80.

8 Оразбаев К. Квалиметрический подход к оценке и формировании топокартографических продуктов // КазНТУ. - 2010.- №5.С. 111-112.

## Оразбаев Қуаныш Төлендіұлының

### “Жердің топокартографиялық негіздері параметрлерінің дұрыстығын квалиметриялық реттеудің тиімді тәсілдерінің моделдік негіздемесі”

25.00.32 – геодезия

Техника ғылымдарының кандидаты дәрежесіне ізденуші диссертациясына

#### ТҮЙІН

**Жұмыс мақсаты.** Жердің топокартографиялық негіздері параметрлерінің дұрыстығын квалиметриялық реттеудің тиімді тәсілдерінің модельдік негіздемесі.

**Зерттеу нысаны.** Жердің топокартографиялық негіздерінің, олардың параметрлерінің дұрыстығын реттеудің тиімді әдістерін дәлелдеуге арналған дәлдік сипаттамаларын құру заңдылықтарын пайдалану.

**Мақсатқа жету үшін диссертацияда төмендегідей негізгі міндеттер шешілді:**

- жердің топокартографиялық негіздері параметрлерінің дұрыстығына түсіру торы қоюлығының әсерін аналитикалық бағалау;
- жердің топокартографиялық негіздері параметрлерінің дұрыстығына бастапқы көлем өлшемдерінің әсерін бағалау тәсілінің негіздемесі;
- жердің топокартографиялық негіздері параметрлерінің дұрыстығына базалық стандарт түзгіш көлем қалыптасуының кешенді әдістемесін әзірлеу;
- жердің топокартографиялық негіздері параметрлерінің дұрыстығын бағалаудың реттеу критерийлерін квалиметриялық стандарттаудың тиімді тәсілдерін әзірлеу.

#### **Қорғауға ұсынылатын ғылыми тұжырымдар және нәтижелер:**

1. Өзара байланысын есепке ала отырып, дұрыстықтың дәл сипаттамасын реттеуге әсер ететін параметрлік факторларды кешенді пайдалану олардың толықтығы мен жердің топокартографиялық негіздерінің тиімділігін арттырады.

2. Жердің топокартографиялық параметрлерінің толықтығы мен дұрыстығы олардың стандарт түзуші дәл сипаттамаларын арттыруға мүмкіндік береді.

3. Аналитикалық бағалау түріндегі параметрлік модификацияланған жердің топокартографиялық негіздерінің дәл сипаттамасын реттеу, квалиметриялық бағалау критерийі оның толықтығын және геометриялық дұрыстығын арттыруға мүмкіндік береді.

**Ғылыми ережелер,** қорытындылар мен ұсыныстардың дәлелділігі мен дұрыстығы жер картасы мен жоспарын топогеодезиялық дайындау кезінде пайда болатын қателіктерді анықтау үшін әзірленген аналитикалық баға құрылымының шынайы қолайлылығы және тиімділігімен; зерттеу нәтижелерінің дұрыс нақты мәліметтер және топогеодезиялық материалдарға

негізделуімен; жердің топокартографиялық негіздері параметрлерінің дұрыстығының дәл сипаттамасының қалыптасуына базалық бастапқы көлемнің әсерін әзірленген бағалау тәсілдерінің тиімділігімен дәлелденеді;

**Зерттеу әдістері.** Морфометриялық және ықтимал-статистикалық талдаудың кешенді әдістері, қателік теориясы, құрылымдық-аналитикалық және болжалды бағалау тәсілдері, геодезиялық өлшем нәтижелерін математикалық өңдеу теориясы, модельдеу және эксперименттік бағалау әдістері.

**Жұмыстың практикалық маңызы** квалиметриялық бағалауды енгізу үшін аяқталған және дайындалған тәсілдерін, жер жоспары мен картасы параметрлері дұрыстығының дәл сипаттамасын қалыптастыруға жер бедерінің морфометриялық белгі ерекшеліктерінің кешенін әзірлеуден, жер бедерінің түсіру торын, еңістігін, масштабын және қимасын орналастырудың геометриялық ерекшеліктерінің дұрыстық деңгейіне байланысты қателіктердің негізгі түрлерін анықтаудың жұмыс формуласын шығарудан тұрады.

**Жұмыс нәтижесін жүзеге асыру.** Жұмыстың негізгі нәтижелері жерді түсіру және жердің түрлі карталары мен топографиялық жоспарларын құру кезінде пайдаланылуы мүмкін. Жоспарлар мен карталардың дәл сипаттамаларын анықтаудың әзірленген бағалау тәсілдері Қазақстан Республикасы Жер Ресурстарын басқару жөніндегі Агенттік кәсіпорынына енгізуге қабылданды. Жерді түсіру және топографиялық карта құру кезінде әдістемелік жұмыстарды пайдалану жер бедерінің түсіру пикеттерін, еңіс жерлері мен қимасын есепке ала отырып олардың дәл сипаттамасының тиімді жағын орнатуға мүмкіндік береді. “Геокарт” атты бір ғана Алматы қаласының мемлекеттік қазыналық кәсіпорыны бойынша есептік экономикалық нәтиже 75 млн. теңгені құрайды.

**Өндірісте жүзеге асыру деңгейі.** Модельдер мен әдістерді қосқанда орындалған жұмыстар 2010-2013 жж. Қазақстан Республикасының геодезиялық кәсіпорындарында пайдалану үшін ұсынылды.

**Енгізу бойынша ұсыныстар немесе ғылыми-зерттеу жұмысын енгізу нәтижелері.** Нақты дәлдіктің әсер етуінің әзірленген параметрлік коэффициентінен, бағаланып отырған көрсеткіштің ақпараттану коэффициентінен, бағаланып отырған көрсеткіштің болжалды дәлдігінің тиімді әсерінің коэффициентінен, көрсеткіштің шекті мәнінің салмақ мәні коэффициентінен тұратын жердің топокартографиялық негіздері параметрлерінің дұрыстығының стандарт түзуші көлемін қалыптастырудың құрылымдық-ақпараттық моделі ұсынылды.

## RESUME

on dissertation work “Modelling basis of effective qualimetric regulation ways of reliability parameters of topographical bases of the territory”

Orazbayev Kuanysh Tolendievich

Major 25.00.32 – “Geodesy”

**Objective research is a** modelling basis of effective qualimetric regulation ways of reliability parameters of topographical bases of the territory.

For achievement of the objective the following basic tasks were solved in the dissertation work:

- analytical estimation of influence of surveying density net on the reliability parameters of topographical bases of the territory.

- basis of the way of estimation influence of initial sizes on the reliability parameters of topographical bases of the territory.

- working out the complex methodology of basic standard formation sizes on the reliability parameters of topographical bases of the territory.

- working out the effective qualimetric standardization methods of regulating estimation criteria of reliability parameters of topographical bases of the territory.

**Scientific statements and results** will be submitted to defend:

1. Complex use of parametrical factors, which influence on the regulation of exact characteristics of reliability taking into account their interaction, allows to raise their completeness and usefulness of topographical bases of the territory.

2. Completeness and reliability of parameters of topographical bases of the territory is provided on the basis of the qualimetrication of standard formation exact characteristics.

3. Qualimetric assessment criteria, regulation of exact characteristics of topographical bases of the territory, which are parametrically modified as assessment, allow to raise its completeness and geometric reliability.

**Basis and reliability of** scientific positions, conclusions and recommendations are confirmed to be a real acceptability and complex structure of the developed analytical assessments to determine the errors which arise in topogeodesic preparation of plans and maps of the territory; base of research results on reliable factual data and topogeodesic materials; confirmability of the efficiency of developed ways of influence estimation of base initial sizes on the exact characteristics formation of the reliability of topographical bases of the territory.

**Methods of the research.** The complex method, which includes methods of morphometric and probable statistical analysis, theory of errors, methods of structural, analytical and predictive estimations, mathematical decision of the results

of geodetic measurements, methods of modeling and experimental estimations.

**The practical value of the research** is to develop a completed and prepared way for its introduction as a qualimetric estimation of influence of complex peculiarities of morphometric features of relief on the formation of exact characteristics of the reliability parameters of plans and maps of the territory, making working formulas to define principal types of errors according to the level of reliability, geometric features of surveying net location, gradient, scale and relief section for the area.

**Implementation of the research results.** The main results can be used in surveying of the territory and in drawing up of topographic plans and maps with varying reliability. Developed ways to estimate the definition of the exact characteristics of plans and maps were adopted for implementation in enterprises Agency on Land Resources Management of the Republic of Kazakhstan.

The use of these methodical ways allows us to establish the optimal values of their exact characteristics taking into account the emptiness of surveying pickets, gradient, scale and relief section according to the territory relief of different types.

Expected calculated economic benefit on Almaty State Enterprise "Geocard" is 75 million tenge.

**The level of implementation in production.** Completed works, including models and techniques are recommended for use in geodetic enterprises of the Republic of Kazakhstan for 2010-2013.

**Recommendations for the implementation and the results of implementation of scientific research works.** Structural and information model of standart formation sizes on reliability parameters of topographical bases of the territory was recommended. The given model contains the developed parametrical coefficients of influence of real precision, the coefficient of estimated informativeness index, the coefficient of optimal influence of predictive accuracy of the estimated figure, the the weight significance concerning limiting sizes of index.