

КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

РУДЕНКО Тетяна Леонтіївна

Руденко

УДК 515.2

ГЕОМЕТРИЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ МОНОЗОБРАЖЕНЬ
ГРАННИХ ПОВЕРХОНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ
ТІНЕЙ І ЯСКРАВОСТЕЙ

Спеціальність 05.01.01-Нарисна геометрія та інженерна
графіка

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1993

1628961

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Київському Державному Університеті з будівництва і архітектури.

Науковий керівник-доктор технічних наук, професор Підгорний Олександр Леонтійович.

Науковий консультант-кандидат технічних наук, Рибак Віталій Іванович.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Бадаєв Юрій Іванович
кандидат технічних наук, доцент Пилипака Сергій Федорович

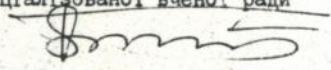
Провідна організація-Інститут машин та систем Мінмашпрому і АН України.

Захист відбудеться 22 грудня 1993 року о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 068.05.03 в Київському Державному Технічному Університеті з будівництва і архітектури за адресою: 252037, Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31, аудиторія 319.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київського Державного Технічного Університету з будівництва і архітектури.

Автореферат розісланий "10" листопада 1993р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Плюский В.О.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00814103 (H)

ДВ-28.967
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Актуальність роботи визначається необхідністю підвищення рівня автоматизації технологічних процесів, що потребує розробки нових обчислювальних методів, алгоритмів вирішення прикладних геометричних задач в системах машинного зору (МЗ) у складі робототехнічних комплексів (РТК).

Однією з найважливіших задач являється автоматизована геометрична обробка контурної та напівтонової відеоінформації різних поверхонь в реальному часі при робототехнічній збірці, сортуванні, фарбуванні тощо. Проблема аналізу різних виробничих ситуацій у цих випадках пов'язана як з необхідністю оперативного одержання геометричних оцінок положення об'єктів та їх структурних елементів, так і з реалізацією достовірного розпізнавання конфігурацій деталей, їх описом та розрізненням. Особливої актуальності набувають ці роботи для забезпечення за допомогою МЗ РТК суттєвого поліпшення продукції, що випускається, підвищення продуктивності технологічних процесів, можливості переналадки РТК під різні типи обладнання, звільнення робочих у галузях, пов'язаних з витратами великих фізичних зусиль, втомлюючими одноманітними операціями або з діяльністю людини у шкідливих умовах виробництва.

У теперішній час реалізація програм геометричної обробки контурних та напівтонових зображень при розпізнаванні тримірних об'єктів, виявленні їх позиційних та метричних характеристик у межах МЗ РТК стримується складністю методів та алгоритмів вирішення задач розпізнавання у реальному масштабі часу. Існуючі засоби, за допомогою яких використовуються традиційні принципи, виявляються недостатньо пристосованими до роботизованих процесів у зв'язку із складністю досягнення універсальності, повноти та ефективності вирішення геометричних задач.

Поряд з удосконаленням методів та алгоритмів МЗ РТК перспективним є побудування комплексу програм геометричної інтерпретації бінарних та напівтонових зображень для розпізнавання многогранних об'єктів на базі високоефективного семантичного стискування відеоінформації та ізоморфних перетворень зображень. Найбільш прийнятним варіантом для семантичного стискування відеоінформації являється монокулярна система. Така система має справу із суттєво меншим об'ємом вхідних даних і, отже, повинна мати більшу швидкість та бути простіше у технічній реалізації. Але при утворенні такої системи

слід враховувати, що одне зображення не визначає не тільки форму та положення поверхні, але і не дає однозначності визначення структури її видимої частини. Однозначність може бути досягнута використанням освітлення, яке дозволяє розглядати зображення як своєрідну систему проєкцій – центральну та світлову.

Представлена дисертаційна робота присвячена проблемі одержання структурно-логічного опису гранних поверхонь на основі геометричного підходу до семантики монозображень з використанням освітлення та наступному виявленню позиційних та метричних характеристик об'єктів.

Мета роботи. Розробити методiku та алгоритми геометричної інтерпретації наочних контурних та напівтонових зображень гранних поверхонь з наступним визначенням їх позиційних та метричних характеристик по тінях, що спостерігаються, яскравостях та змінах світлотіні за допомогою структурного аналізу сцени та зображення, їх взаємозв'язку та впровадити ці розробки в системах машинного зору. Для реалізації вказаної мети поставлені наступні теоретичні та практичні задачі:

1. Дослідити питання геометричної інтерпретації наочних зображень за допомогою установаження взаємозв'язку між сценою та зображенням з використанням освітлення.

2. Розробити методiku та алгоритми визначення положення гранної поверхні будь-якої орієнтації по перспективному зображенню з використанням падаючих тіней.

3. Розробити методiku та алгоритми визначення орієнтації граней гранної поверхні по її перспективному напівтоновому зображенню та яскравості, змінах світлотіней граней за різних положень релюєфа світла та точки спостереження.

4. Реалізувати теоретичні розробки у вигляді програм та запровадити результати досліджень в системах машинного зору.

Методика досліджень. В роботі застосований графоаналітичний метод дослідження геометричних задач, що входять в проблему машинного зору.

Теоретичну базу даних досліджень складають роботи:

- в галузі одержання і реконструкції наочних зображень, побудови тіней, геометричного моделювання, машинної графіки в САПР – Ю.І.Бадаєва, О.А.Вольберга, І.С.Джапарідзе, М.Ф.Євстифеева, С.М.Колодова, В.Є.Михайленка, В.С.Обухової, А.С.Павлова, О.Л.Підгорного, В.С.Полозова, К.О.Сазонова, С.А.Фролова та їх учнів;

в галузі досліджень методів представлення відеоінформації, розпізнавання образів: інтерпретації зображень та ідентифікації об'єктів - В.П. Андрєєва, А. Дуди, Г.П. Катиса, Т. Конадзе, Д. Марра, У. Пратта, А. Розенфельда, В.І. Рибака, П. Уїнстона, Д. Уолца, Р. Хорна.

Наукову новизну роботи складають:

1. Геометричний підхід до структурно-логічного (семантичного) опису наочних монозображень з використанням освітлення.
2. Методика визначення положення многогранника будь-якої орієнтації по його перспективному зображенню з використанням тіні від однієї грані.
3. Методика визначення орієнтації тригранного кута та його площин по ребрах кута на напівтоновому перспективному зображенні, кривих постійної яскравості та змінах світлотіні.

Практична цінність. Розроблені методи, алгоритми та програми оперативного семантичного стиснення і обробки монозображень граничних поверхонь для вирішення задач розпізнавання і оцінки геометричних характеристик об'єктів інваріантно до масштабів і послідовності ракурсів дозволяє забезпечити гнучкість, роботу в реальному масштабі часу систем машинного зору, переналаджуваність РТК під різні типи обладнання.

На захист виносяться:

1. Спосіб геометричної інтерпретації наочних зображень шляхом встановлення взаємозв'язку між сценою та зображенням, встановлення узгодженості між типами кутів (вузлів) та типами освітленості.
2. Алгоритми визначення положення гранної поверхні будь-якої орієнтації по перспективному зображенню з використанням падаючих тіней і по змінах світлотіні, що спостерігаються, за допомогою керованих джерел світла.
3. Методика визначення орієнтацій граней гранної поверхні по її напівтоновому перспективному зображенню та спостережаній яскравості за різних положень джерела світла та точки зору.
4. Програмна реалізація розроблених методів та алгоритмів.

Реалізація роботи. Результати наведених у дисертаційній роботі досліджень впроваджені:

- а) в розробках науково-виробничої фірми "Термоелектронна діагностика для інфрачервоного розпізнавання виробничих об'єктів при управлінні схоплювачем робота в процесі автоматизованого зварювання;

б) в розробках Інституту кібернетики АН України по системах зорового сприймання.

Апробація роботи. Основні положення роботи повідомлені та обговорені на трьох науково-технічних конференціях КІБІ (1985-1992 рр.), на міській секції графіки м. Харкова (1991 р.), на X-му науково-методичному семінарі "Інженерна та машинна графіка" (м. Полтава, 1991 р.), на двох Міжнародних науково-технічних конференціях по проблемах графічної технології (м. Севастополь, 1991-1992 рр.).

Об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, трьох глав, висновків, списку використаної літератури (133 найменувань) та додатку. Робота містить у собі 122 сторінок машинописного тексту, 45 рисунків, 12 таблиць.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність досліджень, показана галузь доцільного використання запропонованих розробок, наведено огляд літературних джерел та основних досягнень в галузі машинного зору - розпізнавання об'єктів: інтерпретації зображень поверхонь та їх ідентифікації, а також сформульовані мета та задачі цієї роботи.

У першій главі розглядається геометрична сутність встановлення відповідності між сценами та зображенням; аналітичний опис алгоритмів розпізнавання типів з'єднання ліній, присвоєння позначень з'єднанням ліній. Вирішується задача одержання структурно-логічного (семантичного) опису наочних монозображень граничних поверхонь на підставі встановлення узгодженості між типами кутів (вузлів) та типами освітленості.

При вирішенні задач інтерпретації контурних зображень як зображень тривимірних сцен необхідні два види описів: описів структури сцени та структури зображень. Для опису сцен прийнято називати двограний кут опуклим, якщо відрізок, який з'єднує точки, належні кожній із граней, є невидимим. Аналогічно, двограний кут називається угнутим, якщо цей відрізок є видимим.

Користуючись визначеннями опуклості та угнутості двогранного кута, а також властивістю грані бути видимою або невидимою, можна дати вичерпну класифікацію типів кутів, які можуть мати місце в таких сценах. По сполученню видів двограних кутів пропонується розрізняти чотири типа тригранних кутів: I (оп., оп., оп.),

П (оп., оп., угн.), Ш (оп., угн., угн.), ІУ (угн., угн., угн.), а з урахуванням видимих граней - 9 типів кутів: $I_1, I_2, I_3, П_1, П_2, П_3, Ш_1, Ш_2, ІУ_3$.

Тип тригранного кута позначається римською цифрою з індексом, відповідним числу видимих граней. Так, наприклад, тригранний кут типу $П_2$ має два опуклих двограних кута та один угнутий, причому дві грані кута видимі.

Встановлення взаємозв'язку між просторовими тригранними кутами та їх зображеннями полягає у наступному:

Три площини, які визначають вершину тригранного кута, поділяють простір на вісім частин, а сам об'єкт, якому належить ця вершина, повинен займати одну або декілька частин. Виходячи з цього, можна визначити всі можливі зв'язки з'єднання зображень ребер кута за допомогою наступного двокрокового процесу: спочатку розглядаються всі способи розміщення предмета в октантах, а потім можна із вершин розглядаються з незаповнених октантів. При цьому можливі чотири типи зв'язки ліній, які мають назви: "Г", "СТРІЛКА", "ВИЛКА" та "Т". Вказані чотири типи зв'язки ліній характеризуються наступним чином: "Г" - зв'язки двох ліній, "СТРІЛКА" - зв'язки трьох ліній, дві з яких такі, що по відношенню до кожної з них дві інші лежать по один бік, "Т" - будь-яке зв'язки трьох ліній, дві з яких колінеарні, "ВИЛКА" - будь-яке зв'язки трьох ліній, відмінне від "Т" та "СТРІЛКА".

В результаті встановлення взаємозв'язку між кутами та їх зображеннями одержуємо: зв'язки ліній типу "Г" відповідає типам кутів $I_1, П_1, П_2, Ш_2$; типу "СТРІЛКА" - $I_2, П_3, Ш_3$; типу "ВИЛКА" - $I_3, П_2, ІУ_3$. Але ці дані не вичерпують всіх аспектів відповідності між зображеннями та сценою. Для того, щоб забезпечити найбільш повну їх відповідність, необхідно ввести позначення, що описують кути не в термінах типів, а в термінах структурних частин кута, тобто граней, ребер та їх взаємних відношень. Відношення "опукло", "угнуто" між двома гранями розглядаються як предикати відповідно "опукло", "угнуто", аргументами яких прислужують структурні елементи двогранного кута. Зображення кута з однією або двома видимими гранями не заповнює все поле зображень. Незаповнена область поля не є зображенням грані, але для машинного розпізнавання при опису структури кута необхідно її враховувати. Предикат, який характеризує дане співвідношення, названий предикатом "за". Видимі грані позначаються літерами грецького алфавіту α, β, γ , а невидимі - літерами

Δ, Σ, θ ; видимі та невидимі ребра - літерами латинського алфавіту відповідно через a, b, c та d, e, f . Области з'єднань ліній позначаються буквами грецького алфавіту з індексом K , а відрізки - малими літерами латинського алфавіту також з індексом K . Области позначаються у порядку обходу їх за годинниковою стрілкою, а лінії як межі цих областей: a - як межа областей α і β , b - β і γ , c - γ і δ . Позначення з'єднань ліній можна задати цілком однозначно, присвоївши символ \angle області з'єднання, що містить у собі кут $\geq 180^\circ$. Порядок позначень областей з'єднання типу "ВИЛКА" неоднозначний, тому що всі його лінії в точці з'єднання мають кут $< 180^\circ$. У цьому випадку символ \angle присвоюється будь-якій з трьох областей. Рис. 2/.

Взаємозв'язок між структурними елементами сцени та зображення, прийняті їх позначення (фрагмент табл. 1, рис. 3) дозволяє виявити інцидентність двогранного кута двом суміжним тригранним кутам з наступним устанавленням узгодженості між вузлами.

Процесу встановлення узгодженості між вузлами передують процеси розпізнавання типів з'єднань ліній та присвоєння позначень структурним елементам з'єднань ліній відповідно просторовим кутам або вузлам (вузли - структурні елементи фрагмента сцени, зображення яких відображають як просторові кути, так і перекривання граней, наприклад, вузол I на рис. 1 та порядкові номери 17, 18 вузлів на рис. 3). Розпізнавання типів з'єднань ліній та присвоєння позначень їх структурним елементам базується на відомих зчитаних координатах структурних елементів і здійснюється по їх аналітичному опису.

Встановлення узгодженості між вузлами полягає в аналізі характеристик структурних елементів (ребер, граней, двогранних кутів), загальних для суміжних вузлів, які сумісні в гранних формах. Так, опуклий двогранний кут одного вузла повинен бути також опуклим і в суміжному, видиме ребро або грань одного вузла являються такими ж і для другого, послідовний обхід вузлів повинен замкнути всю частину поверхні форми. Лінгвістичний підхід до встановлення узгодженості між вузлами допускає хибну інтерпретацію зображення гранної поверхні, проілюстровану на рис. 4. Подібної інтерпретації можна уникнути за допомогою геометричного підходу, який полягає в аналізі всіх можливих ситуацій, які виникають при утворенні тригранних кутів на основі перетину двогранного кута (з однією або двома видимими гранями) видимою або невидимою гранню. На цій базі та базі прийнятої системи позначень розроблена таблиця 2, що устанавлює узгодженість

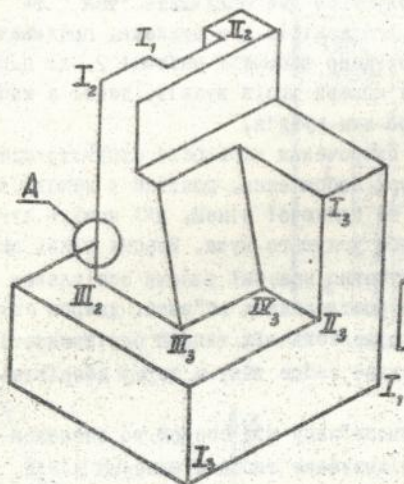


Рис. 1

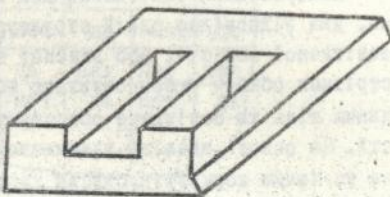


Рис. 4

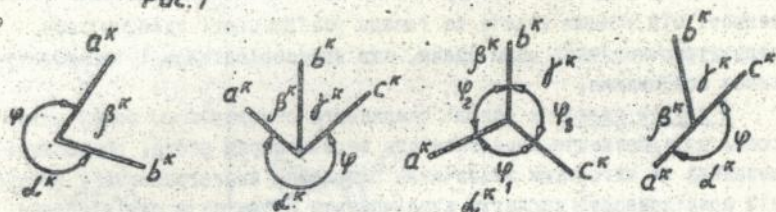


Рис. 2

Пор. нам.	Соединение линий	Тип угла	Изображение	Описание узлов
1	Стрелка	I_2		вып. (бва); вып. (рхб), за (дба) вып. (хбс)
18	T	Нет угла		вып. (дба) вогн. (рхб) вып. (дбс)

Рис. 3

між типами вузлів. Тут використовуються два предиката "так" та "ні". Предикат "так" стверджує узгодженість між вузлами, предикат "ні" заперечує її. На рис. 5 зображено фрагмент таблиці 2, де цифри 1, 2, 3, ... означають порядкові номери типів вузлів, взяті з таблиці 1, а літери a, b, c - ребра цих вузлів.

Використання освітлення для скорочення кількості структур сцени, яка відповідає одній структурі зображення, полягає в знаходженні освітленої області, або власної та падаючої тіней, які можуть зустрітись обабіч ребра опуклого або угнутого кута. Власна тінь, падаюча тінь та освітлена область умовно названі типами освітленості. На основі аналізу взаємного розташування об'єкта, джерел світла та точки зору встановлена узгодженість між типами освітленості, яка відображена в таблицях, що являє собою таку ж форму зберігання даних, як і таблиця 2.

На основі встановленого взаємозв'язку між сценою та зображенням, розроблених алгоритмів розпізнавання типів з'єднання ліній, присвоєння позначень їх структурним елементам, встановленої узгодженості між типами вузлів та типами освітленості здійснюється структурно-логічний опис сцени, яка спостерігається, і інтерпретується зображення.

В другій главі на основі одержаного семантичного опису поверхонь, що забезпечує інцидентність вершин парам ребер, розроблені методика та алгоритми визначення положення многогранника у наступній послідовності: спочатку визначається орієнтація однієї грані по її падаючій тіні, потім, на основі використання реберної зв'язності знаходяться вектори нормалей всіх видимих граней та, нарешті, визначаються положення вершин многогранника з урахуванням тіні від однієї вершини та знайдених орієнтацій граней.

Встановлення взаємозв'язку між просторовою та плоскою системами координат полягає в наступному: центр зору суміщується з початком прямокутної системи координат XYZ , картина описується рівнянням $Y = -1$ або $Y = +1$ в залежності від того, розглядається перспективне зображення, або оптична проєкція. Проєктуючи систему координат XYZ на картину ортогонально, одержуємо плоску систему координат Pq , яка особливо зручна для відображення нормалей до площин граней поверхні, де P і q визначаються через коефіцієнти рівняння площини: $P = \frac{A}{B}$, $q = \frac{C}{B}$. Це означає, що вектори нормалей площин мають координату Y , рівну одиниці.

Типы углов	I			2	
	Обозначения рёбер				
	a	b	c	a	
I	a	нет	нет	да	нет
	b	нет	да	нет	да
	c	да	нет	нет	нет
2	a	нет	да	нет	да
	b				

Рис.5

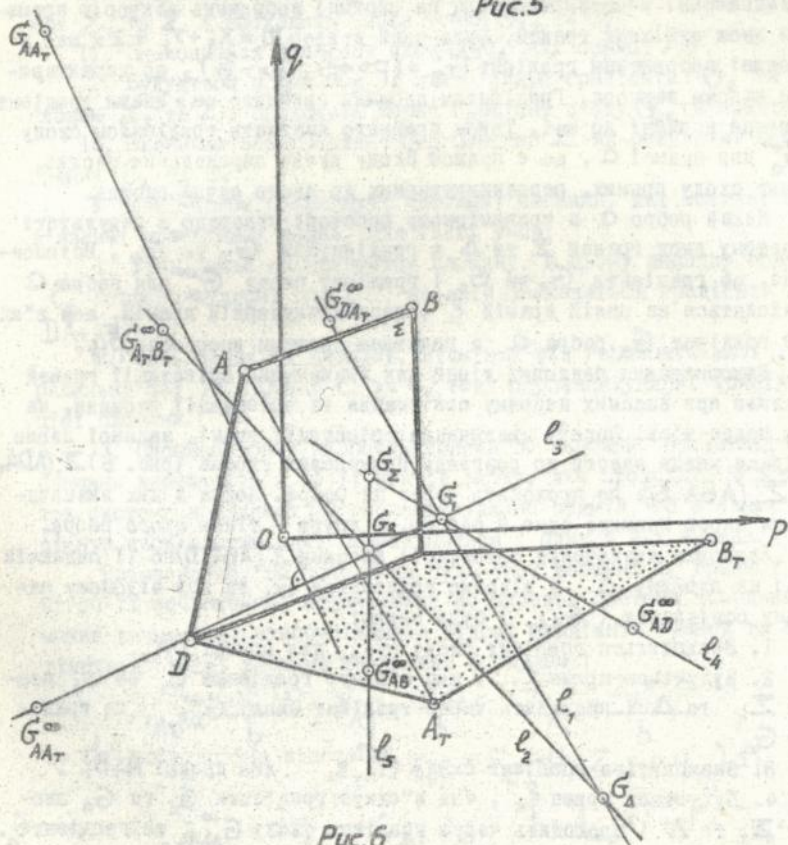


Рис.6

Таким чином, будь-який вектор $M = X_i + Y_j + Z_k$, що йде в дану точку простору із початку системи координат XYZ , відображається в системі pq при $Y = -1$ у відповідності із наступними формулами:

$$P = -\frac{X}{Y}; \quad q = -\frac{Z}{Y}$$

Неозначеність при виявленні орієнтації площин, перпендикулярних до картини, виключається на основі використання реберної зв'язності та прямої сходу площини.

Сутність встановлення відношення реберної зв'язності полягає у визначенні місцезнаходження на картині зображень векторів нормалей двох суміжних граней. Будь-який вектор $M = X_i + Y_j + Z_k$ має в площині зображення градієнт $G_M = (p - \frac{X}{Y}; q - \frac{Z}{Y})$, що характеризує напрям вектора. Градієнтом площини прийнято називати градієнт вектора нормалі до неї. Також прийнято називати градієнтом сходу G_a^∞ для прямої a , що є прямою сходу пучка паралельних площин, точку сходу прямих, перпендикулярних до цього пучка площин.

Нехай ребро a в тривимірному просторі утворено в результаті перетину двох граней Σ та Δ з градієнтами G_Σ та G_Δ . Встановлено, що градієнти G_Σ та G_Δ і градієнт сходу G_a^∞ для ребра a знаходяться на одній прямій l , перпендикулярній прямій, яка з'єднує градієнт G_a ребра a з початком системи координат pq .

Використання падаючих тіней для визначення орієнтації граней можливо при заданих напрямку освітлення та орієнтації площини, на яку падає тінь. Задачу визначення орієнтації грані, заданої двома ребрами, можна звести до розгляду променевих площин (рис. 6) $\Sigma_1(ADA_T)$ та $\Sigma_2(ABA_T B_T)$, що проходять через ці ребра. Кожна з них визначається паров прямих: одна є ребром, а друга - тінню цього ребра.

Алгоритм визначення орієнтації площини $\Sigma(ABCD)$ по її падаючій тіні на площину Δ з відомим градієнтом G_Δ та при відомому напрямку освітлення (G_{AA_T}) буде таким:

1. Знаходиться градієнт сходу $G_{DA_T}^\infty$ для прямої DA_T .
2. Будується пряма l_1 , яка з'єднує градієнти G_1 та G_Δ площин Σ_1 та Δ і проходить через градієнт сходу $G_{DA_T}^\infty$ та градієнт G_Δ .
3. Знаходиться градієнт сходу $G_{A_T B_T}^\infty$ для прямої $A_T B_T$.
4. Будується пряма l_2 , яка з'єднує градієнти G_2 та G_Δ площин Σ_2 та Δ і проходить через градієнт сходу $G_{A_T B_T}^\infty$ та градієнт G_Δ .

5. Знаходиться градієнт сходу $G_{AA_T}^\infty$ для прямої AA_T .
6. Будується пряма l_3 , яка з'єднує градієнти G_1 та G_2 площин Σ_1 та Σ_2 і проходить через градієнт сходу $G_{AA_T}^\infty$ для прямої AA_T , перпендикулярно прямій, що з'єднує градієнт $G_{AA_T}^\infty$ прямої AA_T з початком координат.
7. Визначається градієнт G_1 площини Σ_1 , як результат перетину прямих l_1 та l_3 .
8. Визначається градієнт G_2 площини Σ_2 як результат перетину прямих l_2 та l_3 .
9. Знаходиться градієнт сходу G_{AD}^∞ для прямої AD .
10. Будується пряма l_4 , яка з'єднує градієнти G_1 та G_Σ площин Σ_1 та Σ і проходить через точки G_{AD}^∞ та G_1 .
11. Знаходиться градієнт сходу G_{AB}^∞ для прямої AB .
12. Будується пряма l_5 , яка з'єднує градієнти G_2 та G_Σ площин Σ_2 та Σ і проходить через градієнт сходу G_{AB}^∞ та градієнт G_2 .
13. Визначається градієнт G_Σ площини Σ як результат перетину прямих l_4 та l_5 .

В главі також розглянуті частинні випадки, які можливі при розв'язанні позиційних задач, для таких умов:

1. Тінь падає на предметну площину. В цьому випадку прямі l_1 та l_2 перпендикулярні осі P , на якій знаходяться градієнти прямих DA_T та $A_T B_T$.

2. Тінь падає на площину, відмінну від горизонтальної, але паралельну осі Y . Прямі l_1 та l_2 тоді перпендикулярні прямій сходу цієї площини.

3. Площина грані перпендикулярна до картини. Орієнтація такої площини визначається по її прямій сходу, яка проходить через початок системи координат PQ , перпендикулярно прямій, що з'єднує градієнти двох площин, які перетинаються і одна з них шукана.

Встановлено, що положення будь-якої вершини A_i гранної поверхні по її зображенню, віднесеному до плоскої системи координат PQ , можна визначити, використовуючи відомі градієнти граней та падаючу тінь від однієї вершини за такими формулами:

$$X_{A_i} = \frac{X_{A_i}^k \cdot a}{b}; \quad Y_{A_i} = \frac{d \cdot a}{b}; \quad Z_{A_i} = \frac{Z_{A_i}^k \cdot a}{b}$$

де d - дистанційна відстань, $X_{A_i}^k = P_{A_i} |d|$, $Z_{A_i}^k = q_{A_i} |d|$,

$$a = A_{z_n} X_{A_{i-1}} + d Y_{A_{i-1}} + C_{z_n} Z_{A_{i-1}}, \quad b = A_{z_n} X_i^k + d^2 + C_{z_n} Z_{A_i}^k$$

де, в свою чергу

$$A_{z_n} = P_{z_n} |d|, \quad C_{z_n} = q_{z_n} |d|$$

котрі визначаються за координатами P_{z_n} , q_{z_n} градієнта G_{z_n} грані Σ_n , яка проходить через вершину A_{i-1} , з відомими координатами $X_{A_{i-1}}$, $Y_{A_{i-1}}$, $Z_{A_{i-1}}$ (знайденими, наприклад, по тіні від вершини A_{i-1}).

Третя глава присвячена розв'язанню задач визначення просторового розміщення об'єктів по їх напівтоновому перспективному зображенню, яскравості, яка спостерігається, виявленій оцінці орієнтації тригранного кута та змінам світлотіні.

Оцінка орієнтації тригранного кута здійснюється по його ребрах на перспективному зображенні та кривим другого порядку постійної яскравості, на основі розв'язання задачі вписування трикутника, що виражає відношення реберної зв'язності, в криву другого порядку. Рівняння ліній постійної яскравості виводяться на основі виразу одиничної нормалі до площини через координати Pq та врахування прямо-пропорційної залежності яскравості від косинуса кута між нормаллю до площини і напрямом на джерело світла.

Для виявлення просторового розміщення об'єкта запропоновано застосовувати кероване джерело світла та фіксувати зміну світлотіні в момент інцидентії джерела світла з площиною грані (поява ковзної тіні).

Алгоритм виявлення орієнтації площини грані при відносному розміщенні об'єкта та джерела світла здійснюється у наступному порядку:

1. За допомогою приладу фіксується момент зміни світлотіні.
2. З'ясовується наявність видимої падаючої тіні:
 - а) якщо вона є, то пряма, положення якої задається лінійним джерелом світла, не належить до шуканої площині грані;
 - б) якщо падаюча тінь невидима, інцидентність визначається за належністю предметного сліду прямої предметному сліду площини грані.
3. У випадку такої належності визначаються точки сходу прямої та предметного сліду площини грані.
4. По відомому алгоритму знаходиться кут між предметним слідом площини грані та прямою (джерелом світла), якщо кут дорівнює попередньо заданому куту між цими прямими, то площина грані є шуканою.

Структурна схема системи МЗ

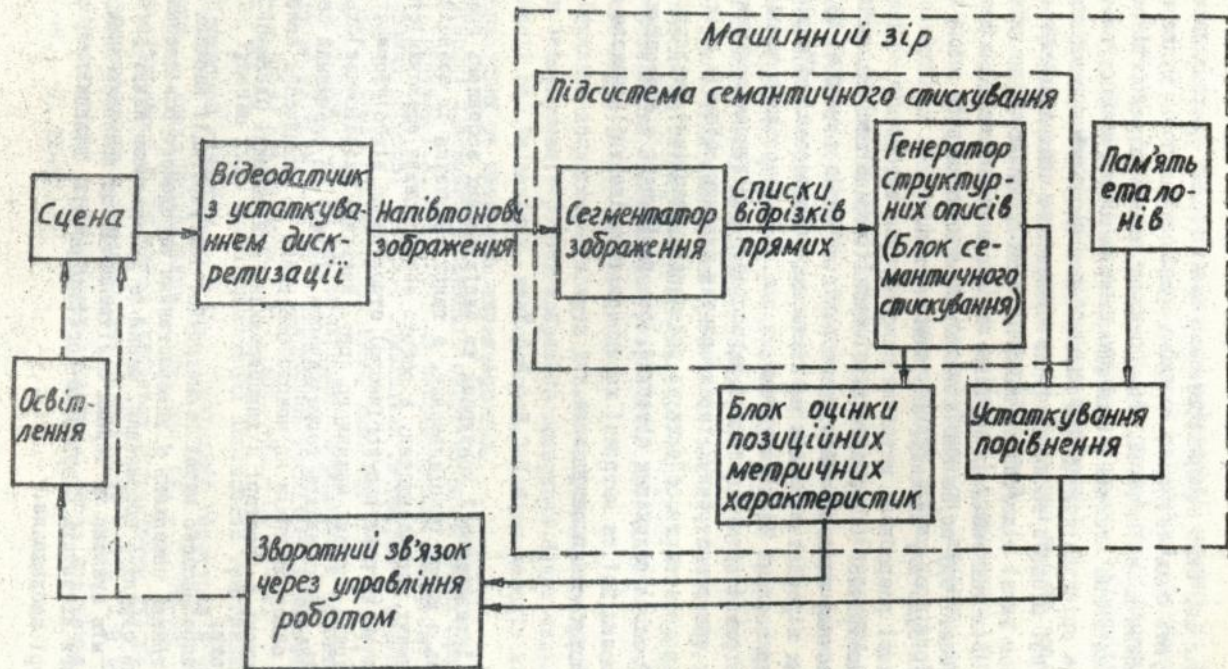


Рис. 7

Відмічено, що, якщо використовуються два точкових джерела світла, які імітують будь-яку пряму площину грані, то алгоритм виявлення цієї площини не змінюється. Якщо вибрати плоске джерело світла, то для виділення площини з визначеною орієнтацією з класу площин з різними орієнтаціями досить виявити колінеарність предметних слідів заданої площини та площини, що співпадає з площиною джерела світла при умові відсутності падаючої тіні в момент зміни світлотіні. У всіх цих випадках зручніше користуватись точковими джерелами світла, тому що, змінюючи положення одного джерела можна зафіксувати будь-яку площину, яка виявляється.

В главі розроблена методика використання алгоритмів та програм геометричної інтерпретації бінарних (чорнобілих) та напівтонових наочних монозображень просторових об'єктів у системі МЗ, одержаних відеодатчиком для розпізнавання просторових об'єктів (структурна схема МЗ відображена на рис. 7). Розроблена методика дозволяє розпізнавати поверхні за допомогою порівняння семантичного опису або геометричних характеристик видимих об'єктів з їх еталонами; розпізнавати об'єкти за допомогою управління джерелом світла, який задає положення поверхні, без порівняння з еталонами, визначати позиційні та метричні характеристики ідентифікованого об'єкта з використанням освітлення.

В И С Н О В О К

Для інтерпретації контурних та напівтонових зображень граничних поверхонь з метою розпізнавання, а також виявлення їх позиційних та метричних характеристик, в роботі обґрунтована ефективність семантичного (структурно-логічного) стискування відеоінформації в монокулярній системі машинного зору. Виявлені універсальність, стисність, ефективність геометричного підходу до одержання семантичного опису об'єктів по монозображеннях, до визначення положення поверхонь в просторі з використанням освітлення. Одержані такі результати:

— Запропоновано метод геометричної інтерпретації наочних зображень граничних поверхонь з використанням керованого освітлення, розробки структур зображення, сцени та їх взаємозв'язку, узгодженості між вузлами та типами освітленості, що дозволяє значно скоротити кількість структурно-логічних описів, відповідних одній структурі зображення.

- Розроблено метод визначення орієнтації площини по її падаючій тіні на основі відношення реберної зв'язності, установлення взаємозв'язку між точкою сходу прямої, прямої сходу площини з поняттям градієнта, який складає основу визначення орієнтацій граней поверхні, що займає різне положення в просторі.

- Запропоновано метод визначення положення вершин гранної поверхні, враховуючи відомі орієнтації граней.

- Визначена методика оцінки орієнтації тригранного кута за яскравістю, що спостерігається, напрямом ребер на перспективному зображенні з використанням кривих постійної яскравості.

- Запропоновано спосіб визначення орієнтації площини грані по змінах світлотіні на основі виділення граней поверхні в момент їх співпадіння з керованими джерелами світла.

- Теоретичні розробки реалізовані у вигляді програм одержання семантичного опису поверхонь, формування кривих постійної яскравості при різних положеннях джерела світла та точки зору, програм визначення орієнтацій та положення поверхні в просторі, що визначило можливість впровадження результатів досліджень в системах машинного зору.

Подальші дослідження можуть йти по напрямках вдосконалення способів інтерпретації різних зображень поверхонь більш складної організації по їх ознаках, кольоровості, а також методів визначення позиційних та метричних характеристик.

Основні положення дисертації опубліковані в таких працях:

1. Руденко Т.Л. К вопросу об использовании освещения для распознавания образов. - В кн.: Прикладная геометрия и инженерная графика. - Киев: Будівельник, 1986, вып. 42. - С. 78-79.
2. Руденко Т.Л. Об одном алгоритме определения ориентации плоскости по ее тени. - В кн.: Прикладная геометрия и инженерная графика. - Киев: Будівельник, 1987, вып. 48. - С. 61-63.
3. Руденко Т.Л. Связь ориентаций плоскостей трехгранного угла с наблюдаемой яркостью. - В кн.: Прикладная геометрия и инженерная графика. - Киев: Будівельник, 1988, вып. 46. - С. 70-72.
4. Руденко Т.Л. Об одном алгоритме определения положения вершин многогранника в пространстве по падающим теням. - В кн.: Прикладная геометрия и инженерная графика. - Киев: Будівельник, 1990, вып. 49. - С. 78-80.

5. Руденко Т.Л. Определение градиента светового луча при выявлении ориентации плоскостей по их падающим теням. - В кн.: Прикладная геометрия и инженерная графика. - Киев: Будівельник, 1990, вып. 50. - с. 94-97.

6. Руденко Т.Л. Интерпретация наглядных изображений гранных тел по наблюдаемым яркостям. - Проблемы графической технологии. Вып. 2. Материалы международной конференции: г. Севастополь, 1991.

7. Руденко Т.Л. Машинное зрение и описание гранных поверхностей. - В кн. Проблемы графической технологии. Вып. 3. Материалы международной конференции. : г. Севастополь, 1992.

8. Руденко Т.Л. Некоторые вопросы геометрического моделирования систем технического зрения в проблемах экологии. - В кн. Коммунальное хозяйство городов. - Киев: Техник, 1993, вып. 3.

Диссертационная работа посвящена проблеме получения структурно-логического описания гранных поверхностей на основе геометрического подхода к семантике моноизображений с использованием освещения и последующему выявлению позиционных и метрических характеристик объектов для решения прикладных геометрических задач в системах машинного зрения /МЗ/ в составе робототехнических комплексов /РТК/.

В работе исследованы и разработаны методы и алгоритмы установления соответствия между сценой и изображением, получения структурно-логического описания наглядных моноизображений гранных поверхностей на основании установления согласованности между типами углов /узлов/ и типами освещенности. Разработаны методы и алгоритмы определения положения многогранника по падающей тени от одной грани и реберной связности, определения пространственного размещения объектов по наблюдаемым яркостям, кривым постоянной яркости и изменениям светотени. Исследования завершены созданием структурной схемы системы машинного зрения, что дает возможность реализовать решенные геометрические задачи в виде программ.

Предложенные методы геометрической интерпретации изображений с использованием освещения позволили значительно сократить количество структур сцены, соответствующих одной структуре изображения, определять позиционные и метрические характеристики объектов непосредственно в плоскости изображения, что способствует высокоэффективному семантическому сжатию видеосинформации, гибкости и работе в реальном масштабе времени систем машинного зрения.

999

Подписано к печати 11.11.93г. Формат 60x84 1/16.
Бумага для множительных аппаратов. Печать офсетная
зак. 1772. тир. 100. ротап rint ХОУС. г. Харьков
ул. Маршала Бажанова 28.

11681010

AB28961

AB 28.961