

Выяўленне рухомага аб'екта у сегментаваным участку прасторы

А. І. Міцюхін

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі,
Інстытут інфармацыйных тэхналогій, Мінск, Беларусь
mityuhin@bsuir.by

У артыкуле разглядаецца метады разумення сцэны на аснове сегментацыі дынамічных выяў. Метады дазваляюць вызначаць параметры руху аб'екта пазнавання, вырашаць задачу адрознівання аб'ектаў на фоне неістотных дэталей або прасторавых перашкод.

Ключавыя словы: утварэнне Хартлі, хуткасць, адлегласць, выява, піксель, спектр, алгарытм, сегментацыя, паслядоўнасць, камера, расклад, выяўленне, рухомы аб'ект.

Увядзенне. У шэрагу прыкладанняў, напрыклад, выяўленне малапрыкметнага, ўтвора руху вайсковай тэхнікі і інш, можа дапамагаць такі атрыбут як рух аб'екта. Акрамя развязання задачы выяўлення аб'екта інтэрэса, часта разглядаецца і задача знаходжання параметраў руху аб'екта, напрыклад, хуткасці, напрамак руху, пройдзенай аб'ектам адлегласці. Развязанне гэтых задач магчыма з дапамогай дыскрэтных пераўтварэнняў у частотным абсягу. У працы разглядаецца скарыстанне для гэтых выяўлення аб'екта пазнавання вылічальна больш эфектыўнага рэчаіснага пераўтварэння Хартлі. Пры гэтым вылічальны алгарытм выконваецца над паслядоўнасцю 2D лічбавых выяў (кадраў выяў). Выявы атрыманы нерухомай камерай, напрыклад, з касмічнага апарата, самалёта і інш. Выявы лічбавых здымкаў адпаведны дэкартавой сістэме прасторавых каардынат.

Тэарэтычныя прынцыпы. Будзем меркаваць, што выяўляюцца змены змесціва 2D лічбавых выяў $f(x, y, t)$ (прыкметных кропкаў) з адпаведнымі каардынатамі (x, y) у паслядоўнасці B кадраў у моманты часу $t = 0, 1, \dots, i, \dots, B - 1$. Для спрашчэння аб'ект апісваецца прыкметнай кропкай — адным пікселем. Паслядоўнасць прыкметных кропак складае траекторыю руху аб'екта. Яркасць пікселя роўная адзінцы, г.зн. у момант часу t_l кропцы з каардынатамі (x_m, y_n) адпавядае выява $f(x_m, y_n, t_l) = 1$. Змены змесціва выяў $f(x, y, t)$ у моманты t адбываюцца праз наяўнасць аб'екта, які рухаецца. Разгледзім паслядоўныя крокі алгарытму поўнай сегментацыі.

Крок 1. Паслядоўнасць з B выяў памерам $M \times N$ можна прывесці ў выглядзе сумы праекцый выяў $f(x, y, t)$ кожнага кадра на восі x, y . Для аднаго кадра праекцыя на вось x запісваецца ў выглядзе паслядоўнасці $f(x)$ з B

рэчаіснымі лікамі. Паслядоўнасць $f(x)$ мае толькі адзін ненулявы лік роўны адзінцы. Па аналогіі запісваецца паслядоўнасць $f(y)$.

Крок 2. Выконваецца кадаванне паслядоўнасці з выкарыстаннем базавых дыскрэтных функцый Хартлі (Міцюхін, 2012).

$$h(t) = \text{cas}\left(\frac{2\pi t}{T}\right) = \text{cas}\left(\frac{2\pi p t}{B}\right), t = 0, 1, \dots, B-1, p = \text{const},$$

дзе $T = \frac{B}{p}$ — перыод функцыі, p — частота кадраў.

Заўважым, $v_0 = \frac{p}{B}$ — гэта асноўная частота функцыі Хартлі.

Кадаванне выявы $f(x, y, t)$ з атрыманнем аднамерных пракцыяй-паслядоўнасцяў на восі x і y выконваецца адпаведна па формулам

$$g_x(t) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y, t) \text{cas}\left(\frac{2\pi x p t}{B}\right), t = 0, 1, \dots, B-1,$$

$$g_y(t) = \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{x=0}^{M-1} f(x, y, t) \text{cas}\left(\frac{2\pi y p t}{B}\right), t = 0, 1, \dots, B-1.$$

Калі назіраемы аб'ект рухаецца з раўнамернай хуткасцю, то зрух за весь час T назірання па восі x на L_x пікселяў адпавядае хуткасці

$$u_x = \frac{p L_x}{B} = v_0 L_x \left[\frac{\text{піксел}}{\text{с}} \right]. \quad (1)$$

Такім чынам, велічыня u_x непасрэдна звязана з частотным складнікам v_x . Падобнае выказванне докладна адносна і восі y .

Крок 3. Вылічваецца спектр ў базісе функцый Хартлі паслядоўнасцяў $g_x(t)$ і $g_y(t)$ адпаведна па формулам (Jähne, 2005)

$$\hat{g}_x(v) = \sum_{t=0}^{B-1} g_x(t) \text{cas}\left(\frac{2\pi v t}{B}\right), v = 0, 1, \dots, B-1, \quad (2)$$

$$\hat{g}_y(u) = \sum_{t=0}^{B-1} g_y(t) \text{cas}\left(\frac{2\pi u t}{B}\right), u = 0, 1, \dots, B-1, \quad (3)$$

дзе v і u — адпаведна частотныя індэксы пераўтварэння па восям x і y .

Для раўнамернага руху (без шумоў) спектральныя расклады (2) і (3) характарызуюцца адзінымі кампанентамі на частотах v і u .

Крок 4. Вылічваецца хуткасць аб'екта за час назірання $t_\Sigma = \frac{B}{p}$. З улікам

(1) і (2), калі вядома адлегласць d паміж двума суседнімі пікселямі, нумар v максімума спектральнай функцыі $\hat{g}_x(v)_{\max}$, зрух L_x аб'екта ў пікселях за B кадраў, можна вызначыць хуткасць руху аб'екта па восі x .

$$u_x = vL_x = vdp$$

Падобным чынам вызначаецца хуткасць руху аб'екта па восі y .

$$u_y = uL_y = udp.$$

Фізічная хуткасць аб'екта

$$U = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}.$$

Разгледжаны алгарытм пацвярджае надзейнасць і эфектыўнасць на выявах скажоных адытыўным шумам $n(x, y, t)$, калі узнікае неабходнасць хуткаснага апрацоўвання сумесі

$$z(t) = f(x, y, t) + n(x, y, t).$$

Напрыклад, калі неабходна выявіць і ацаніць параметры руху вайсковага маскіраванага аб'екта. Эфектыўнасць досягаецца за конт фактарызацыі ядра рэчаіснага пераўтварэння Хартлі і скарыстання хуткаснага спектравага алгарытма рэчаіснага пераўтварэння Хартлі. Надзейнасць досягаецца за конт алгебраічнай уласцівасці функцый. В гэтым выпадку мноства функцый Хартлі інтэрпрэтуюцца як словы перашкодаўстойлівага $[n, k]$ -кода, кодавая адлегласць

якога $\frac{B}{2}$. Калі скарыстоўваць аптымальны метада дэкадавання $[n, k]$ -кода

заснаваны на прынцыпу максімальнага праўдападобенства, магчыма дакладнае

выяўленне рухомага аб'екта з малымі адносінамі $q = \frac{P_f}{P_n}$ магутнасці карыснага

сігналу $f(x, y, t)$ да сярэдняй магутнасці шуму $n(x, y, t)$.

Эксперыментальнае мадэліраванне. Мадэліраванне працы алгарытма ў асяроддзі MATLAB-Simulink тычылася атрымання адзнак верагоднасці выяўлення рухомага аб'екта ў залежнасці ад адносін сігнал-шум. Павелічэнне часу назірання (лікаў кадраў) памяншае верагоднасць памылковай ацэнкі хуткасці. Акрамя таго, ацэнкі паляпшаліся, калі назіраліся змены становішча кожнага пікселя на працягу некалькіх кадраў. Напрыклад, для $B = 128$ і моцна зашумленай выявы, калі $q \approx 1$ верагоднасць памылкі не перавышала велічыні 10^{-10} .

Высновы. Выкарыстанне частотнага метаду ў задачах сегментацыі дынамічных аб'ектаў дазваляе ажыццяўляць эфектыўнае і надзейнае яго вылучэнне на фоне шума. Разгледжаны вылічальны алгорітм дазваляе апрацоўваць выявы ў каналах са складаным перашкодавым становішчам.

Спіс літаратуры

- Jäne, B. (2005). *Digital image processing*. Berlin: Springer-Verlag.
- Міцюхін, А. І. (2012). Алгебраічнае кадаванне пры дапамозе пераўтварэння Хартлі. У *Матэрыялах XIV Міжнародной навуковай канферэнцыі імені акадэміка М. Кравчука*, Київ, 19–21 травня (с. 164). Київ: НТУУ «КПІ».