

СИСТЕМАТИЗИРАНЕ НА КРИТЕРИИ, ПРИЗНАЦИ И ПАРАМЕТРИ, ПРИЛАГАНИ ЗА КЛАСИФИКАЦИЯ НА ЦЕЛИТЕ В СИСТЕМИТЕ ЗА НАБЛЮДЕНИЕ, РАЗУЗНАВАНЕ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ

Велко Велков, Слави Славов¹

¹ИМСТЦХА - Българска академия на науките
e-mail: velvel@mail.bg; slavi.slavov@gmail.com

Ключови думи: Класификация, наблюдение, разузнаване

Резюме: Доклада представя проведените анализ и сравнителна оценка във връзка със систематизирането и обобщаването на прилаганите критерии, признаци и параметри при известните методи за класификация на целите в съвременните системи за наблюдение, разузнаване и противодействие.

SYSTEMATIZATION OF CRITERIA, SIGNS AND PARAMETERS, APPLIED TO TARGET CLASSIFICATION IN SURVEILLANCE, RECONNAISSANCE AND COUNTERMEASURE SYSTEMS

Velko Velkov, Slavi Slavov¹

¹IMSETHAC – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: velvel@mail.bg; slavi.slavov@gmail.com

Keywords: Classification, surveillance, reconnaissance

Abstract: The report represents analysis and comparative estimation regarding systematization and summing up of applied criteria, signs and parameters of known methodes of target classification in contemporary surveillance, intelligence and countermeasure systems.

Въведение

Класификацията на целите в системите за наблюдение и разузнаване на въздушното, морско и наземно пространство заема важно място в процеса на обработката на сигналите и данните в тези системи. Това обстоятелство е свързано с необходимостта и изискването към тези системи за получаването на пълнота, изчерпателност, висока точност и еднозначност на наблюдаваната обстановка и идентификацията на вида на целите, каквато е крайната цел на всяка система за наблюдение и разузнаване. Все още, дори в съвременните системи за наблюдение и разузнаване, този процес не е напълно автоматизиран и често е прерогатив на операторите на съответните системи, поради високите изисквания към достоверността и не противоречивостта на приетото решение, което е задача трудно реализуема дори от сложните съвременни автомати. Особена тежест придобива класификацията на целите при системи с безоператорно управление, където автомат, на базата на решаващо правило, изработва сигнал за управление на съответното техническо средство, чрез краен автомат.

Въпреки голямото разнообразие на цели в наблюдаваната от съвременните системи обстановка и като следствие широките диапазони на признаци и показатели за класификация и спектър на обработваните сигнали, има много общи елементи в процеса на обработка на сигналите и информацията във връзка с класификацията на целите, често в съвременните сложни системи за наблюдение, базирани на различни сензори за наблюдение. Опитът от проектирането, разработването и експлоатацията на сензори и системи за наблюдение в нашата страна и армия, позволява да бъде извършен анализ и систематизиране на

прилаганите в тях признаци и параметри за класификация, както и критериите за автоматизиране на процеса на класификация, което от своя страна е база за усъвършенстване на алгоритмите и схемните решения за класификация при бъдещи разработки и проекти.

Опитът от известните български разработки

В първите български радиолокационни станции (РЛС) за наземно наблюдение, на въоръжение в българската армия още от 70-те години, основани на доплеров принцип на работа, „Калинка“, „Калинка-В12“ и лицензионно усвоените в нашата страна станции от същия клас „Фара“ и „Кредо“, както и тяхната еманация РН 100, класификацията на целите се извършва от оператора по изходния сигнал на преобразувания в звуков доплеров сигнал от изхода на приемника на станцията. Добре обучен оператор отчетливо, с висока точност класифицира целите на базата на честотата и спектъра на преобразувания в звуков доплеров сигнал от слушалката на станцията. Признаци за класификация са честотата (доплеровата честота от движението на откритата цел) и спецификата на звуковия сигнал (разширението на спектъра от различните видове цели и поведението на отделната цел). Крайният резултат е висока разрешаваща способност при класификацията на целите, като вероятността за правилно определяне на типа на целта между множеството видове наблюдавани цели – движещ се човек, от крачещ до тичащ, група хора, движещи се транспортни средства различни видове, движение на животни в зоната на наблюдение, до порив на вятъра и шум от околната повърхност, гора, храсти или поле, достига стойности до 0,9-0,95. По-скорошни изследвания и измервания с доплеров модул от този тип станции, проведени от авторите на доклада с цел разкриването и получаването на допълнителни признаци за класификация, позволяващи автоматизиране на процеса на класификация на целите, показаха, че са на лице възможности за усъвършенстване на процеса на класификация на целите. Част от резултатите от проведените измервания, изследвания и анализи са описани в [1] и [2]. На базата на съвременна елементна база и използвайки утвърдени методи (хомоморфен или линейно преобразуване) и алгоритми за обработка на сигналите, като различните видове Фурие трансформации, аналого-цифрово преобразуване и логаритмуване на енергетичния спектър на сигнала е възможно да бъдат получени допълнителни признаци и параметри за класификация на целите, като конкретно това е показано за разпределението на кепстралните коефициенти при прилагането на горните процедури на обработка. В процес на лабораторни изследвания е модел на схемна реализация на автоматичен класификатор на целите по разпределението на кепстралните коефициенти, като получените резултати свидетелстват за възможността за увеличаване на вероятността за правилна класификация на целите при този тип станции до стойности 0,96-0,98.

В по-високия клас обзорни РЛС за брегово наблюдение „Медуза“ и „Калиакра“, също на въоръжение в българската армия от 80-ти и 90-те години, класификацията на целите се извършва вече автоматизирано, като признаците за класификация са различни. В специализираната РЛС „Медуза“, работеща в специален режим като комбинация от различните параметри на станцията – скорост на обзор, честота на повторение, продължителност на импулсите признакът за класификация на целите е определен брой налични цели в един и същи обем от наблюдаваното морско пространство, а критерия за вземане на решение при класификацията е точно определен брой наблюдения, отнесени към определено отстояние по далечина на откриване. В РЛС „Калиакра“, която има също няколко режима на работа, класификацията на целите се извършва по два признака – първо по доплеровата честота на отразените сигнали в режим селекция на движещи се цели (СДЦ) и по-скорост на движение на целите в резултат от вторична обработка на информацията в режим обзорно наблюдение. И в двата типа станции класификацията и регистрирането на откритите цели е автоматична, като вероятността за правилна класификация на целите, при вероятност на правилно откриване от порядъка на 0,8 и за двете станции, възлиза на стойности от порядъка на 0,9-0,92.

В първите български разработки в областта на хидроакустиката - портативните хидролокатори за водолази „Морена“, Морена-М“ и радиохидроакустичните буйове тип „Чайка“ и „Чинар“ и съвременните разработки в областта на хидроакустиката, като хидролокатора за кръгово наблюдение CS-MO, хидролокатора за секторно наблюдение SS-MO и системата за управление на подводни обекти UWRC-MO класификацията на целите се извършва или по изображението на екрана на хидролокатора или по спектъра на излъчвания от надводните и подводни плавателни средства сигнали. Големият обем резултати, проведени при експерименталните и изпитателни измервания в процеса на разработката и внедряването на указаните изделия и статистическата им обработка показаха, че и за тези способности и признаци за класификация на целите вероятността за правилна класификация е от порядъка на 0,9-0,95.

И докато в описаните радиолокационни и хидроакустични средства стойности на вероятността за правилна класификация на целите от порядъка на 0,9-0,95 са напълно приемливи, доколкото резултатите от тяхното определяне носят информативен характер, а решенията за следващи действия се вземат от оператор, то в други български разработки като например сензори за наблюдение и разузнаване, управляващи средства за противодействие (без оператор, където крайното решение е възложено на автомат), тези стойности са неприемливи и изискванията за вероятност за правилна класификация на целите възлизат на стойности от порядъка на 0,995-0,998. Такива са системите за откриване, класификация и въздействие при управление на минни полета или отделни мини в наземното и морско пространство. Стойности на вероятност за правилна класификация на целите от този порядък са присъщи и за системите за радиолокационно и хидроакустично опознаване и идентификация.

За достигането на такива стойности на вероятността за правилна класификация на целите се прилагат два ползотворни подхода: първи, усъвършенстването на алгоритмите за обработка на сигналите и данните в процеса на класификацията и втори, компилиране на резултатите от процедурите по класификацията на една и съща цел по два или повече независими признака. Основа и на двата подхода за класификация на целите са сигналите получени в системата за наблюдение пряко или отразени при тяхната локация. От своя страна сигналите са носителите на признаците, по които е възможно да бъде извършена класификацията. Следователно главното изискване към предшестващите схемата за класификация устройства, като антени, приемници, смесители и филтри е да запазват максимално автентичността на приетите сигнали и да влияят минимално на параметрите на приетите от наблюдаваните цели сигнали – енергетика, динамичен диапазон (желателно линеен), спектър, времеви параметри - продължителност на сигналите и коефициенти на запълване.

Подходът за определянето на признаците за класификация на целите се базира на следните основни изисквания:

- признакът за класификация да осигурява максимално вероятност за правилно определяне на вида на целта, включваща еднозначност, непротиворечивост и достоверност;
- да е устойчив на влиянието на смущения (пасивни и преднамерени);
- да присъства устойчиво (за времето на наблюдение) в сигнала от целта;
- да позволява обработката с класически методи и математически операции;
- алгоритмичната и схемна реализация на процедурата класификация по избрания признак да са при приемливи габарити, консумация, време и разходи.

Предвид отбелязаните изисквания може да бъде извършено систематизиране на признаците за класификация на целите, пригодни и приемливи за реализация в някои от разработваните изделия. На първо ниво групирането на признаците за класификация може да бъде за двата основни случая на наблюдение и разузнаване – пасивно и локационно.

При пасивно наблюдение и пряко приемане на сигналите от целите в разузнаваното пространство, независимо от канала за наблюдение, звуков, електромагнитен, оптичен или инфрачервен, признаците за класификация са основна честота на излъчвания от целта и приет от сензора сигнал f_c , хармонични честоти f_n , вид на сигнала – непрекъснат или импулсен, спектър на сигнала – широчина на лентата на определено ниво ΔF , видове модуляции, продължителност на импулсите t_i , честота на повторение T_r .

При локационен метод на наблюдение признаците за класификация се съдържат в промените настъпили в приетия отразен от целта сигнал, а те са доплерово изместване по честота, фазовата разлика на отразените от една и съща цел сигнали при етапа първична обработка или параметри на движението (скорост, траектория, видове маневри) при пространствено-времева обработка на сигналите на целта и при вторична обработка на информацията.

Универсален и за двата вида наблюдение, поради факта, че се базира на енергетичния спектър на приетите или отразени сигнали, се явява признака на класификация по разпределението на кепстралните коефициенти след процедурата обратно Фурие преобразуване върху логаритъма от енергетичния спектър на сигнала. В [3] са представени резултати от подробно изследване за класификация на целите по разпределението на кепстралните коефициенти за случая на пасивно наблюдение по звуков канал на откриване на целите, а в проведени от авторите експериментални измервания с радиолокационен доплеров модул, това беше доказано и за случая на активна локация по радиолокационен канал на наблюдение.

Анализ на информационния потенциал на всеки от признаците

- При пасивно наблюдение:

Основната или носещата честота на източника на сигнала (въздушна, морска или наземна цел) в зависимост от канала на разузнаване - звуков или електромагнитен е следствие от работата на основните технически средства или агрегати на целта – генератори, двигателите, средствата за навигация, комуникация, разузнаване или противодействие, разположени на платформата на целта. В общия случай между техническите средства на целта, източници на сигнали с различна физическа същност и нейния тип има пряка и често еднозначна връзка. Следователно признакът основна (или носеща) честота на източника на съответния сигнал може да бъде база за класификация на целите. Същото се отнася и до хармоничните излъчвания на основната носеща и комплексно на спектъра на излъчванията било по звуков или електромагнитен канал. Доколкото спектъра на сигналите или хармоничните обхващат по-широка лента от единичен монохроматичен сигнал, класификацията по тези признаци предоставя потенциално по-големи възможности в информационен смисъл.

Допълнителните признаци на сигналите, добити при този тип наблюдение, описани по-горе, намаляват още степента на неопределеност и увеличават допълнително информационните характеристики като база за класификация на целите.

- При локационно наблюдение:

Поради факта, че информацията за наблюдаваната обстановка и цели се съдържа в промяната или модулацията на излъчвания(те) от известен източник на сигнал(и) при облъчването на целите, признаци за класификация се явяват именно параметрите на промяната на излъчените сигнали под въздействието на целите. Такива са времевите закъснения на отразения от целта сигнал спрямо времето на излъчване, промяната на амплитудата, честотата или фазата на отразения сигнал, отразяващи съответно далечина на отстояние на целта, височина на полет, скорост на движение, характерни маневри, които от своя страна са свързани с типа на целта. При провеждането на съответната обработка – доплерова филтрация, пространствено-времева обработка, прав и обратен апертурен синтез и други процедури степента на неопределеност за типа на целта обратно на увеличаването на вероятността за правилна класификация.

Систематизиране на класификационните признаци

В съответствие с изложеното може да бъде извършено систематизиране (или с риск за тафтология класификация) на класификационните признаци използвани в системите за наблюдение и разузнаване.

Като признаци за класификация от първи ранг можем да определим признаците базирани на сравнително теснолентови сигнали, със спектър примерно под 1-5 % от стойността на носещата или основна честота на сигнала.

Към признаците за класификация от втори ранг, съгласно така приетия класификационен критерии следва да отнесем признаците, базирани на относително широк спектър на сигнала, примерно с честотна лента над 5-10 % от стойността на носещата на сигнала.

Нива на класификация на целите

В съответствие с това от своя страна можем да определим и нива на класификация на целите в разглежданите системи, като най-обща характеристика за способността на системата за определяне на типа на наблюдаваните цели, а именно:

- I ниво – когато се използва признак за класификация от първи ранг;
- II ниво – когато се използва признак за класификация от II ранг;
- III ниво – когато се използва класификация по два или повече признаци.

Оценка на ефективността на признаците за класификация на целите

Опитът и проведените експериментални измервания върху модели и макети на схемни решения за класификация на целите, позволи да бъде извършена количествена оценка за потенциалните възможности на отделните признаци за класификация, по критерия вероятност за правилна класификация. Систематизирането и обработката на статистическите данни показаха и наложиха следните резултати и изводи:

- при прилагането на който и да е признак за класификация от първи ранг, независимо от канала за наблюдение (звук или радиоканал), вида на наблюдение – пасивно или локационно и от схемната реализация, вероятността за правилна класификация на откритите цели е в диапазона 0,9-0,95.
- при прилагането на класификационен признак от втори ранг, отново при същите условия, вероятността за правилна класификация се увеличава до стойности – 0,97-0,98;
- само при прилагането на комбинация от няколко признака, независимо от ранга им е възможно увеличаване на вероятността за правилна класификация до стойности от порядъка над 0,99, каквото е изискването за вероятност на правилна класификация в някои системи, като такива за управление на средства за противодействие, опознаване на целите и други приложения.

Литература:

1. В е л к о в, В., С. С п а с о в, С. С л а в о в, Автоматична класификация на цели по сигнали от доплерови радари, Научна конференция с международно участие, 4-5.12.2008, Шумен.
2. В е л к о в, В., С. С л а в о в, С. С п а с о в, Алгоритъм за автоматична класификация на бавно движещи се обекти по сигнали от доплерови радари, Научна конференция на ВА "Раковски", 31.03- 01.04.2009, София.
3. П е т р о в, Л., Дисертационен труд на тема „Изследване на способности за автоматично идентифициране и обработка на речеви сигнали в реално време“, ИПИО на Военна академия „Г.С.Раковски“, 2002.
4. Р а б и н е р, Л., Р. В. Ш а ф е р. Цифровая обработка речевых сигналов. Москва, “Радио и связь” 1981.
5. О п п е н г е й м, Э., под ред., Применение цифровой обработки сигналов, изд. „Мир“, Москва, 1980.