

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
GAP I.MÜHENDİSLİK KONGRESİ - 1996 Bildiriler Kitabı

GAP SU KAYNAKLARI PLANLAMA VE YÖNETİM SİSTEMİNDE
UZAKTAN ALGILAMA TEKNOLOJİSİNİN KULLANILMASI

Mahmut SERT
Kasım YENİGÜN

HR.Ü. Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl., ŞANLIURFA
HR.Ü. Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl., ŞANLIURFA

ÖZET : GAP Projesi gibi, çok barajlı ve çok maksatlı sistemlerde, esas olarak su kaynaklarının optimal planlama ve kontrolüne ilişkin entegre ve otomasyona dayalı bir “Su kaynakları planlama ve yönetim sistemi” hedefi çerçevesinde, hidrolojik modelleme ve hidrometeorolojik tahmin yeteneklerinin geliştirilmesi konusu ile bu tür havzalarda sistem analizi, modellemesi ve optimizasyonuna yönelik çalışmalar, değişen amaç ve kriterlerle kullanılabilecek şekilde mümkün olduğu ölçüde gerçekleştirilmelidir.

Günümüzde özellikle yeryüzünü gözleyen algılayıcı sistemleri taşıyan uyduların son yıllardaki gelişimiyle, yeryüzeyindeki pekçok olay hakkında çok fazla miktarlarda fotoğrafik ve diğer formda verilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Buradan hareketle, geliştirilebilecek bilgisayara dayalı entegre su kaynakları planlama ve yönetim sisteminde, hidrometeorolojik verilerin elde edilmesi, değerlendirilmesi ve ilgili veri tabanının oluşturulmasında, günümüzün uydu teknolojisinin imkanlarından yararlanılarak, uzaktan algılama yöntemleri ve buna ilişkin görüntü işleme tekniklerinin kullanılmasıyla entegre su kaynakları optimum planlama ve işletme sisteminde sadece GAP Bölgesi çerçevesinde değil, Türkiye’de genel olarak su kaynakları planlama ve yönetiminde otomasyona yönelik önemli bir adım atılmış olacaktır.

Bu çalışmada özellikle bu konuda faydalanılabilecek bazı uydularla bu uydulardan alınan görüntülerin inceleme metodlarından, bu şekilde hazırlanacak bir projede yürütülmesi gereken anahtar adımlardan, hidrolojik modelleme çalışmalarında uzaktan algılamanın adımlarından ve bu çalışmalarda mevcut modellerin potansiyelinden bahsedilmeye çalışılmıştır.

1.GİRİŞ

Su kaynakları planlama ve yönetimi, istenilen amaçlar doğrultusunda ve öngörülen kriterler çerçevesinde, su kaynaklarının en verimli kullanılmasını sağlayacak faaliyetlerin tümünü kapsar. Esas olarak sistemin optimizasyonu için yapılacak planlamada, planlama sürecinin süreklilik arzeden bir niteliğe sahip olması gerekmektedir. Bu yüzden plalama , dinamik ve sürekli olarak yenilenebilir şekilde olmalıdır. [Sert,1987]

Bunun dışında teknik karar alma sürecini etkileyen veya sınırlayan kriterlerin gözönüne alınması ve sistemin planından işletilmesine kadar olan bütün işlerin birlikte ele alınması zorunluluğudur. Ayrıca, planlanan sistemin farklı kademelerinin, zamana bağlı olarak farklı vakitlerde devreye girmesi de, işletmenin inşa bütünlüğü ile gözönüne alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Sistemin uzun süreli optimal işletme politikaları ile, belirli dönemler için elde edilen optimal taşkın kontrolü ve düşük akımların takviyesine yönelik kısa süreli optimal işletme politikaları bütünleştirilerek, gerçek optimale daha yakın ve kritik durumlarda daha geçerli olabilecek işletme kuralları belirlenebilecektir. Bu yaklaşımın daha ileri bir aşamada uygulanmasıyla, sistemin bilgisayarlar aracılığı ile doğrudan kontrol ile gerçek-zaman işletilmesi için bir temel oluşturacağı öngörülebilir. Bir taraftan uzun süreli optimal işletme kuralları gözetilirken, diğer taraftan da kısa süreli optimizasyon uygulamasının mevcut en son hidrolojik ve meteorolojik verilere göre sıklıkla yenilenen tahminlerle tekrarlanması, gerçek-zaman işletmeye yaklaşan bir durum olacaktır.

Gerçek-zaman işletme için, hidrolojik ve meteorolojik verilerin, (yağış,yüzeysel akış,yeraltı suyu ve hava sıcaklığı, nemlilik oranı gibi) ve bunlar arasındaki ilişkilerin sağlıklı bir şekilde belirlenmesi gerekir.

Bu takdirde, sistemin belirli bir andaki optimal işletme politikası, yapılan sürekli ölçümler aracılığıyla (mevcut kayıtlardan da yararlanarak) gelecek kısa bir süre için elde edilen en iyi tahminlere dayalı verilerle belirlenir. Fakat, bu politikanın zamana ait ilk adımı uygulanır. Daha sonraki zaman aralığına geçildiğinde, elde edilen son verilerle aynı işlem tekrarlanır. Böylece, doğrudan kontrol ile gerçek-zaman işletme durumunda en ayrıntılı optimizasyon yapılabilmekte ve sistemin mevcut ve beklenen şartlara en uygun işletilmesi sağlanmış olur.

Bu çerçevede, oldukça kısa zaman aralıkları ile hidrolojik ve meteorolojik verilerin elde edilebilmesi ve ileriye yönelik tahmin yeteneklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun için de, ölçümü yapılan fiziksel büyüklüklerle, hidrolojik ve meteorolojik verileri ilişkilendiren modellerin kullanılması gereği ortaya çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar, elde edilen tahminlerin güvenilirliği ile gerçek-zaman işletme süresi (operation-horizon) arasında yakın bir bağlantı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, gerek yapılan ölçümler ve gerekse kullanılan modeller açısından bu tahminlerin güvenilirliğinin artırılması önem taşımaktadır.

Uydulardan elde edilen bilgilerin yeryüzünde yapılan bazı ölçümlerle birlikte kullanılmasının bu yönde önemli katkılarının olacağı beklenmelidir.

Gerçek-zaman işletme, bir akarsu havzasının optimal işletilmesinde olduğu gibi ülke çapında birçok akarsu havzasının ve elektrik üreten santrallerin ve diğer tesislerin birlikte işletilmesi ve bir merkezden kontrolü için de kullanılabilir.

2.UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİ

Uzaktan algılama, yeryüzünün ve yer kaynaklarının incelenmesinde onlarla fiziksel bağlantı kurmadan kaydetme ve inceleme tekniğidir. Bu teknik,

onlarca yıl eskiye dayanmakla birlikte, özellikle yeryüzünü gözleyen algılayıcı sistemleri taşıyan uyduların son yıllardaki gelişimiyle, yeryüzeyi hakkında çok fazla miktarlarda fotoğrafik ve diğer formda verilerin elde edilmesi sağlanmıştır. [Örüklü,1988]

Çeşitli gereksinimlerin ışığı altında, bu uydu verileri, hem çabuk, hem de ekonomik olarak yararlı bilgilere indirgenebilmeleri halinde, insanlık için çok değerlidir. İşte bu yüzden, uzaktan algılama teknolojisinin, özellikle GAP projesi içerisindeki hidrolojik modelleme ve gerçek-zaman işletme için gerekliliği vurgulanmaya çalışılmıştır.

Uzaktan algılamanın temelinde dört öge vardır:

a) Radyasyon kaynağı, b)Atmosferik geçirgenlik, c) Yeryüzü objeleri, d)Algılayıcılar ve platformları.

Uydular, büyük bölgelerin çok daha kısa zamanda incelenmesine imkan sağlarlar.Bir kısmı yaklaşık kutupsal, bir kısmı eğik yörüngeli ve bir kısmı da ekvatorial olan bu uydularda birkaçı arasında:

Landsat, Spot, Meteosat, Popsat, Seasat, Soyuz-22, Uzay mekikleri ve ERS-1 gibi uydular sayılabilir.

Yapay uydularca alınan görüntüler, yer istasyonlarına ya uydunun veya uzay aracının dünyaya geri dönmesi ile veya radyo tekniği ile telemetrik yoldan iletilirler.

Uydulardan alınan görüntüler şu metodlarla incelenirler.

a) Çıplak gözle, tek mercekle veya stereoskoplara inceleme.

b) Renk katıcı izdüşüm gereçleri ile inceleme. (Additive Colour Viewers)

c) Bilgisayar kullanarak inceleme: Bu metodla ilgili olarak aşağıdaki maddeler incelenebilir. [Swain, 1978]

c.1) Tarayıcılarda ışınların sayısallaştırılması

c.2) Polarizasyon

c.3) Görüntülerdeki bozulmalar (Image deformations)

c.4) Harita projeksiyon sistemleri

c.5) Görüntü zenginleştirme (Enhancement)

c.6) Sınıflandırma (Classification)

c.7) Sayısal görüntü işleme sistemleri (GIS)

Uzaktan algılama projelerinin amacı, yeryüzündeki doğal kaynakların yöneticisine yararlı bilgiler sağlamaktır. Uzaktan algılama tekniklerinin kullanıldığı bu tür projeler , uygun biçimde beş anahtar adıma ayrılabilir:

1) Kullanıcı gereksinimlerini veya amaçlarını saptama.

2) Fizibilite hazırlama.

3) Proje planlama.

4) Proje gerçekleştirme.

5) Sonuçları değerlendirme.

3.UZAKTAN ALGILAMA TEKNOLOJİSİNİN KULLANILMASI

Hidrolojinin tarihi temelleri incelendiğinde Chow'un bunu sekiz devreye ayırdığını ve bu periyotların en sonunda ise uzaktan algılamanın bir periyot olarak güncel listeye girdiğini görürüz.[Engman, 1986]

Fırat nehri üzerindeki 14 baraj ve 11 hidroelektrik santral ile Dicle nehri üzerindeki 8 baraj ve 8 hidroelektrik santral ile bu bölgedeki enerji üretimi ve suyun çeşitli alanlardaki kullanımı projesi DSİ tarafından yapılmıştır. Fakat planlamanın sürekliliği, değişimler ve özellikle de bu tesislerin optimal işletilmesi gereği (bölgenin hassas yapısı da gözönüne alınarak) ayrıntılı su kaynakları yönetim ve planlama düşüncesini ön plana çıkarmıştır.[Anonymous, 1987]

Bu düşünceden olarak, GAP çerçevesindeki Fırat ve Dicle havzalarında hidrolojik modelleme ve hidro-meteorolojik tahmin yetenekleri geliştirilmesi konusu ile çok barajlı ve çok amaçlı akarsu havzalarında sistem analizi, modellemesi ve optimizasyonuna yönelik çalışmalar, değişen amaç ve kriterlerle kullanılabilir şekilde mümkün olduğu ölçüde genel amaçlı olarak gerçekleştirilmelidir.

Böyle bir çalışma ile, Türkiye genelinde düşünülebilecek bir planlama ve yönetimde otomasyon konusunda önemli bir adım atılmış olacaktır. Belirtilen su kaynakları planlamasında;

- * hidroelektrik enerji temini,
- * sulama,
- * taşkından koruma,
- * sistem modellemesi ve optimizasyonu,
- * ekonomik analiz,
- * çevre sorunları,
- * sosyal faktörler,
- * ekonomik planlama vs.'ye kadar uzanan karmaşık bir sürecin içine gireriz.

Hidrolojik çevrim olayının GAP kapsamındaki akarsu havzaları için modellenmesinde hedeflenen adımlar şöyle sıralanabilir:

Günlük cari uygulamalar, yağış-akış ilişkisinin modellenmesi, akımların modellenmesi, akarsu ve rezervuarlarda akım ötelenmesi, kar hidrolojisi ve su temini tahminleri, taşkın ve taşkın alan haritaları ve hidrometeorolojik tahmin ve diğerleri.[Leaf, 1969]

Yüksek ayrımlı HRPT (High resolution picture transmission) verilerinin elde edilmesi ve ilgili görüntü işleme tekniklerinin kullanılması ile, elde edilebilecek hidrometeorolojik veriler şu iki grupta toplanabilir:

- a) Yer yüzeyinde;
 - * Toprak yüzeyi sıcaklığı,
 - * Yüzey nemliliği,
 - * Bitki örtüsü,
 - * Kar örtüsü, (alan, ısı, yoğunluk profili)
 - * Yeraltı suyu sınırları.
- b) Atmosferde;
 - * Bulut örtüsü, tipi, hareket yönü, sıcaklığı,
 - * Nem yükü,
 - * Yoğunlaşma şartlarının tahmini, (yer, zaman ve yağış miktarı olarak....)

Özellikle yerden yapılacak bazı tahminlerin, diğer bazı hidrometeorolojik tahminlerle karşılaştırılması ve kalibrasyonu için; NOAA uydu verilerinin yanısıra Landsat ve Spot uyduları ile birlikte bazı meteorolojik radarlarında kullanılması gerekliliği vardır.

Uzaktan algılama uygulama projesinin yürütülmesinde anahtar adımlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Kullanıcı gereksinimlerini veya amaçlarını saptama:
 - a) İlgilenilen yeryüzeyi özelliklerini veya amaçlarını saptama.
 - b) Yeryüzeyi özellikleri hakkında bilinmek istenenler.(Konum, alan, miktar, kondisyon, vs.)
 - c) Alanın büyüklüğü.
 - d) Sonuçların format cinsi.
 - e) Sonuçların doğruluk derecesi.
 - f) Bilgi için tüm alan mı, yoksa alandan örnekler mi gerekir?
 - g) Gözönüne alınması gereken zamanlar.

2. Fizibilite hazırlama:

- İlgilenilen örtü tiplerinin, birbirlerinden ayırıldedilebilir spektral zamanlı veya uzaysal karakteristikleri var mıdır?
- Uygun veri toplama aletleri var mıdır?
- Uygun bir veri kullanımı ve analiz yazılım sistemi.
- Çok değişkenli analiz prosedürleri, gerekli olan bilgi türünü sağlayabilecek midir?

3. Proje planlama:

- Kullanılan veri toplama sistemi ve veri toplama frekansı.
- Referans verileri ve yersel gözlem gereksinimleri.
- Ön işleme gereksinimleri.
- Veri analiz prosedürleri.

4. Projenin gerçekleştirilmesi:

- Verilerin toplanması.
- Verilerin ön işlenmesi.
- Verilerin analizi.
- Çıktı ürünlerinin üretilmesi.

5. Sonuçları değerlendirme ve karar: Projenin nihai başarısı, kullanıcının, uzaktan algılama verilerinin analizi ile elde edilmiş bilgiler sayesinde, problemi daha iyi çözüp çözemeyeceğine veya yeryüzündeki doğal kaynakların yönetimi ile ilgili daha iyi kararlar verip veremeyeceğine göre belirlenir.

Aslında GAP gibi çok yönlü ve çok özellikli bir projede teknik, idari, mali, sosyal ve siyasi pekçok kısıtlayıcı şartın da olduğu ve bunların hepsine göre optimum çözümün elde edilmesi gerekliliğide düşünülürse, böyle bir otomasyona dayalı sistemin oluşturulması kaçınılmaz görünmektedir. Yatırım bazında verilenlerin işletme bazında geri alınması, en uygun çözümle mümkün olabilecektir

Uzaktan algılamanın imkanlarından altı adedi hidrolojik modelleme çalışmaları içinde incelenebilecektir. Bunlar;

- * Kar yüzeyinin alanı, (büyüklüğü)
- * Donmuş bölgelerin alanı,
- * Susuz alanlar,
- * Arazi örtüsü,
- * Topraktaki nem,
- * Kar örtüsünün su eşdeğeri.[Peck, 1983]

Landsat uydusunun verileri ile kar alanları, arazi örtüsü ve susuz alanlar kolayca belirlenebilir. Ancak donmuş alanlar, kar örtüsünün su eşdeğeri ve topraktaki nem, aktif/pasif mikrodalga ölçüm teknikleriyle belirlenebilmektedir.

Uzaktan algılama uygulamalarında bir ilerlemenin önerilebilmesi için hidrolojik model incelemelerindeki bilgilerle uzaktan algılama bilgilerinin birleştirilmesi gerekmektedir.

Uzaktan algılama verilerinin, ya da veri tiplerinin hidrolojik modellemede kullanılması için bazı stratejiler mevcuttur.

- * Birincisi; girdileri modele uyarlamaktır.
- * İkincisi; modelin durumunu, gözlenmiş verileri içine alabilecek hale uyarlamak, güncelleştirmektir.
- * Üçüncüsü; uzaktan algılamanın kullanılabilmesi için, modelin parametrelerinin kalibrasyonu içindir. Geleneksel uygulamalarda; bazı kalibrasyon aralıklarında, parametreler yalnızca bugünkü geçerli topoğrafik, yüzey örtüsü ve hidrometeorolojik verilere dayalı tahminlere dayanırdı. Bir modelin yeni verilere dayalı olarak yeniden kalibre edilmesi kesinlikle mümkündür.

Birtakım küçük değişikliklerle; modeller, hidrolojik modellemede uzaktan algılama verilerinin uygulanması için önemli birtakım avantajlar elde ederler.

Uzaktan algılamanın en yararlı kullanılışı, hidrolojik modellerin büyük değişikliklerle işlevsel hidrolojiye uyarlanabilmesidir. Çoğu gelişmelerde, uzaktan algılamanın kullanımı ile büyük ölçümlerin birlikteliği iyice düşünülmelidir. Düşünülmesi gereken bazı faktörler şu şekilde tartışılmıştır.

Herhangi bir hidrolojik modelin büyük bir özelliği de modelin ölçeğidir. Gerekenler, yatay ölçek (temel büyüklük), düşey ölçek (toprak ve kar çizgileri) ve zaman ölçeği (zaman basamağı) 'dır. Arzu edilen; modelin ölçeğini, daha doğrudan kullanılacak gözlemler yapılmadan önce gözlemlerin ölçeği ile eşleştirmektir.

4.SONUÇ

Uzay Bilimleri Teknolojileri kapsamına giren Uzaktan Algılama, sayısal görüntü işleme (digital image processing) tekniklerinin gelişmesi ile spektral tayfin değişik bölgelerinde algılama yapan çok bantlı tarayıcılardan elde edilen sayısal verilerin bilgisayarlarla işlenmesi sonucu ihtiyaç duyulan verilere en hızlı ve en doğru şekilde ulaşmayı mümkün kılmıştır.

Sivil amaca yönelik SPOT uydusundan algılanan 60x60 km²lik tek kanaldaki bir görüntünün 3000x3000 satırxsütundan ibaret bir matristen oluştuğu ve basit bir sınıflandırma işlemi için en az iki kanal ile çalışıldığı ve değişik algoritmaların kullanıldığı düşünüldüğünde ortaya çıkan hesap işleminin hacminin ne denli büyük olduğu kolayca tahmin edilebilir. LANDSAT uydusu tarafından algılanan 185x185 km²lik bir alanın ise tek bir kanalda yaklaşık 6000x6000 resim elemanından oluşan bir matris olduğu ve 7 kanalda algılama yapıldığını ayrıca belirtmek yerinde olur. Bu hacimdeki hesapların yapılması ise ancak büyük hafıza ve işlem hızına sahip bilgisayarların ortaya çıkması ile mümkün olmuştur.

Kısacası, uzaktan algılama biliminin bu çapta yaygınlaşması ve kullanım alanı bulması doğrudan doğruya bilgisayarların ve bilgisayar teknolojisinin bu denli gelişmiş olması ile yakından ilgilidir. Bilgisayar teknolojisindeki her gelişme uzaktan algılama biliminin de aynı oranda gelişmesine neden olacaktır." [Örmeci,1994]

Uzaktan algılama için uygun paket program için ARCCAD, ARCVIEW ve ARC/INFO düşünülebilir.[Anonymous, 1994]

PC bazlı DOS veya UNIX işletim sistemlerinde çalışan uzaktan algılama yazılımlarında çok çeşitli fonksiyonlar bulunmaktadır. Bu yazılımların alınmasından önce, bunların içerdiği fonksiyonların ve bunların çalışacağı donanımların iyi irdelenmesi gerekir. Kullanıcı sayısı, kullanıcıların bilimsel geçmişi ve maddi imkanları kurulacak donanımı yönlendirir.Ekonomiklik açısından PC network bazında bir donanım sistemi önerilmiştir." [Maktav, 1993]

Gerçek-zaman optimal işletme yaklaşımı çerçevesinde, kullanılacak hidrometeorolojik tahmin yöntemlerinin etkinliği ve güvenilirliği yanında, veri iletim ve işleme hızı ile veri tabanı oluşturma ve kullanımındaki etkinlik ağırlık kazanmaktadır. Bunu da, daha önce belirtildiği gibi, hidrolojide uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı ile birlikte yerden tercihen telemetrik donanımlı bazı merkezlerde yapılacak hidrometeorolojik ölçümlerin hızlı bir şekilde yeterli bir bilgi işlem ve depolama merkezine iletilmesi ve değerlendirilmesi sonucunda gerçekleştirilebileceği umulmalıdır.

Bu çalışma içinde öngörülen çerçeve içinde, GAP kapsamındaki su kaynaklarının en verimli kullanımı için entegre bir su kaynakları planlama ve yönetim sisteminin genel amaçlı olarak tanımlanması, gerçekleştirilmesi ve zaman

içinde, sadece GAP bölgesinde değil, bütün Türkiye çapında uygulanması hedeflenmiştir. Özellikle, hidrolojide uzaktan algılama teknikleri ve modern sistem analizi yöntemleri gibi bilim ve teknolojiye son gelişmelere dayanan uygulamaların, su kaynaklarının optimal planlama ve işletilmesinde sağlayacağı yararlar ayrıntılı olarak incelenmiş ve irdelenmiştir.[Sert, 1990]

Sözünü ettiğimiz projenin başarısı; kullanıcının, uzaktan algılama verilerinin analizi ile elde edilmiş bilgiler sayesinde, problemi daha iyi çözüp çözemeyeceğine ve yeryüzündeki doğal kaynakların yönetimi ile ilgili daha iyi kararlar verip veremeyeceğine göre belirlenir.[Yenigün,1993]

Bu arada, uzaktan algılama tekniklerine uyum sağlaması bakımından, hidrolojik modellerde birtakım modifikasyonların yapılması gerekliliği de, hidrolojik modellemede yeni bir gelişme basamağının oluşması açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- 1- ANONYMOUS, 1987. Akım Gözlem Yıllığı, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- 2- ANONYMOUS, 1994. İnşaat Mühendisliği Alanındaki Yazılımlar, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı:372. p.65-66
- 3- ENGMAN, Edwin T., 1986. Hydrologic Research Before and After AgRISTARS, IEEE, Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. GE 24, No.1, USA. pp.6
- 4- LEAF, C.F., 1969. "Aerial photographs for operational streamflow forecasting in the Colorado Rockies", in Proc. 37th Western Snow Conf.(Salt Lake City)
- 5- MAKTAV, D., 1993. Uzaktan Algılamada Mikrobilgisayar Bazlı Yazılım ve Donanım İlişkilerinin Ekonomiklik Açısından İrdelenmesi ve Öneriler, İTÜ Dergisi, C:51, Sayı:3, İstanbul. pp.25-30
- 6- ÖRMECİ, C., 1994. Bilgisayar ve Uzaktan Algılama, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı:372, İstanbul. pp 55-56
- 7- ÖRÜKLÜ, E., 1988. Uzaktan Algılama, Yıldız Üniversitesi Yayınları, İstanbul. pp.83
- 8- PECK, KEEFER and JOHNSON, 1983. Suitability of Remote Sensing Capabilities for Use in Hydrologic Models, International Symposium on Hydrometeorology, AWRA, USA. pp.59-63
- 9- SERT, M., 1990. GAP Entegre Su Kaynakları Yönetim Sistemi ve Hidroelektrik Tesislerin Optimal İşletilmesinde Uzaktan Algılama Teknolojisi, Türkiye 5. Enerji Kongresi, Ankara.pp.523-538
- 10- SERT, M., 1987. Su Kaynakları Planlamasında Sistem Optimizasyonu, Türkiye İnşaat Mühendisliği IX Kongre Bildirileri, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara. pp.85
- 11- SWAIN,P.H. and DAVIS S.M., 1978. Uzaktan Algılama, (Kantitatif Yaklaşım) , McGraw Hill, England. (Çev:MAKTAV, Doç.Dr. Derya,1991, İTÜ, İstanbul.) pp.362
- 12- YENİGÜN, K., 1995. Hidrolojik Modellemede Uzaktan Algılama ve Gerçek-zaman İşletmede Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, HR.Ü. Fen Bil. Enst. Ş.Urfa.