

55480

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİDROLOJİK MODELLEMEDE UZAKTAN ALGILAMA
VE GERÇEK ZAMAN İŞLETMEDE KULLANILMASI

Kasım YENİGÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
HİDROLİK ANABİLİM DALI

1995

ŞANLIURFA

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

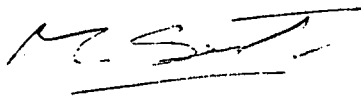
HİDROLOJİK MODELLEMEDE UZAKTAN ALGILAMA
VE GERÇEK ZAMAN İŞLETMEDE KULLANILMASI

Kasım YENİGÜN


YÜKSEK LİSANS TEZİ
HİDROLİK ANABİLİM DALI

Prof. Dr. M. Yaşar ÖNLÜ
Enstitü Müdürü

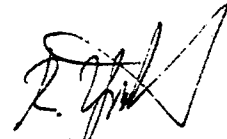
Bu Tez 20/07/1995 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Değerlendirilerek
Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.



Prof. Dr. Mahmut SERT
Danışman: (Harran Ün.)



Prof. Dr. Salih KIRKGÖZ
(Çukurova Ün.)



Yrd. Doç. Dr. Recep YURTAL
(Çukurova Ün.)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HİDROLOJİK MODELLEMEDE UZAKTAN ALGILAMA VE GERÇEK ZAMAN İŞLETMEDE KULLANILMASI

Kasım YENİGÜN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Hidrolik Anabilim Dalı

1995 , Sayfa:60

Hidrolojide uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması, çok geniş alanlarda güçlükle erişilebilen hidrolojik ve hidrometeorolojik parametrelere çok kısa bir sürede ulaşmak, sistem otomasyonunu sağlamak ve gerçek zaman işletmeye veri tabanı teşkil etmek açılarından büyük önem taşımaktadır. Hidrolojik modellemede uzaktan algılama tekniklerin incelenmesi ve irdelenmesi ve buradan elde edilecek verilerin, sistemin gerçek-zaman işletilmesinde kullanılmasına yönelik bir sistem yapısının oluşturulması, tezin temel konusunu teşkil etmektedir.

Teze konu olan çalışma için bir uygulama alanı niteliğinde olan GAP Projesinde sistemin gerçek zamanda işletilmesini sağlayacak bilgisayara dayalı bir su kaynakları yönetim sistemi, büyük bir verimlilik artışı ve ekonomik fayda sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler : Hidrolojik Modelleme, Uzaktan Algılama, Gerçek-Zaman İşletme, Optimizasyon, Sistem...

ABSTRACT

Masters Thesis

REMOTE SENSING TECHNIQUES IN HYDROLOGICAL MODELLING AND ITS USE IN REAL-TIME SYSTEM OPERATION

Kasım YENİĞÜN

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Hydraulics

Use of remote sensing techniques in hydrology is vitally important to obtain hydrological and hydrometeorological data in a very short time from large areas difficult to reach, to provide system automation and to establish a database for real-time operation. Examination and a critical evaluation of the remote sensing techniques in hydrological modelling and establishing a system structure for the real-time operation, using the data provided from hydrological model in the basic topic of this study.

The GAP project will provide an application area for the subject of this thesis, where a computerised water resources management system for real-time operation will bring increased efficiency and great economic benefits.

KEY WORDS : Hydrological Modelling, Remote Sensing, Real-Time Operation, Optimization, System...

ÖNSÖZ

Tezimin hazırlanmasında yardım, destek ve hoşgörülerini esirgemeyen başta tez danışmanım ; Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölüm başkanı Prof. Dr. Mahmut SERT'e,

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. İlhan AVCI'ya,

Yine aynı fakültenin, Jeodezi ve Fotogrametri Kürsüsü, Öğretim Üyesi, Doç.Dr. Derya MAKTAV'a,

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Etüd Plan Dairesi, Rasatlar Şube Müdürü, Ayhan TEKER'e,

GAP Bölge Kalkınma İdaresi, Bölge Müdürlüğü Uzmanlarından Hüseyin Faysal KÜÇÜK'e,

İşlem Şirketler Grubuna (ANKARA)

teşekkürü bir borç bilirim.

Kasım YENİGÜN

ÖZET

ABSTRACT

ÖNSÖZ

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ
TABLOLAR/ÇİZELGELER LİSTESİ

1.GİRİŞ	1
2.GERÇEK-ZAMAN İŞLETMEDE SİSTEM OPTİMİZASYONU	2
2.1.Su Kaynakları Planlamasında Sistem Optimizasyonu	2
2.2.Optimizasyon Yöntemleri	3
2.2.1.Klasik yöntemler	3
2.2.2.Matematik yöntemler	3
2.2.3.Simülasyon yöntemi	3
2.3.Gerçek-Zaman İşletme Nedir?	4
3.HİDROLOJİK MODELLEME	6
3.1.Hidrolojik Modelleme Düşüncesi	6
3.2.Hidrolojide Kullanılan Bazı Tanımlar ve Modeller	6
3.3.Hidrolojide Kullanılan Modellerin Sınıflandırılması	7
3.3.1.Deterministik yaklaşım	7
3.3.2.Stokastik yaklaşım	8
3.4.Stokastik ve Deterministik Modellerin Farklılığı	8
3.5.Sentetik Hidroloji Hakkında	9
3.6.Hidrolojik Süreçlerin Modellenmesi	10

3.6.1. Yıllık akımlar süreci	10
3.6.2. Aylık akımlar süreci	10
3.7. Hidrolojik Süreçler İçin Kullanılan Diğer Modeller	11
3.8. GAP Kapsamındaki Hidrolojik Modelleme Adımları	11
4. UZAKTAN ALGILAMA	12
4.1. Uzaktan Algılamaya Giriş	12
4.2. Uzaktan Algılamanın Temelleri	12
4.2.1. Radyasyon kaynağı	12
4.2.2. Atmosferik geçirgenlik	13
4.2.3. Yeryüzü objeleri	13
4.2.4. Algılayıcılar ve platformları	13
4.3. Çeşitli Uydular	14
4.4. Çeşitli Algılayıcılar	16
4.4.1. Yer algılayıcıları	16
4.4.2. Uçak ve uydulardaki algılayıcılar	16
4.5. Uydu Kayıtlarının Alıcı Yer İstasyonlarına İletilmesi	16
4.6. Uydulardan Alınan Görüntülerin İnceleme Metodları	16
4.7. Uzaktan Algılamanın Kullanıldığı Alanlar	20
4.8. Bir Uzaktan Algılama Uygulama Projesinin Yürütülmesinde Anahtar Adımlar	20
5. HİDROLOJİK MODELLEMEDE UZAKTAN ALGILAMA VE GERÇEK ZAMAN İŞLETMEDE KULLANILMASI	21
5.1. Uzaktan Algılamanın Hidrolojiye Girişi	21
5.2. Hidrometeorolojik Verilerin Elde Edilmesinde Uzaktan Algılama Teknolojisinin Kullanılması	22
5.2.1. Hidrolojik modelleme için uzaktan algılamanın adımları	23

5.3. Veri İşleme Sistem Modeli	25
5.4. Uzaktan Algılama Uygulama Projesinin Yürütülmesinde Anahtar Adımlar	27
5.5. Uygulanabilecek Bazı Hidrolojik Modeller	28
5.5.1. SSAR Modeli	29
5.5.2. SWM IV Modeli	31
5.6. Mevcut Modellerin Potansiyeli	32
5.7. İkincil Faydalar	33
5.8. Önerilen Sistem Modeli	33
6. KONUNUN UYGULAMALARI	38
6.1. GAP Su Kaynakları Yönetim Politikaları	39
6.2. GAP'ta Temel Sorunlar ve İşletme Hedefleri	40
6.3. GAP İdaresinin Projeleri	43
6.4. DSI Tarafından Hazırlattırılan Seyhan Projesi	45
6.5. GIS Uygulamaları	45
7. BİLGİSAYAR VE UZAKTAN ALGILAMA	48
7.1. Bilgisayar ve Uzaktan Algılama	48
7.2. Uzaktan Algılama İçin Uygun Paket Program Düşüncesi	49
7.3. Uzaktan Algılamada Mikrobazlı Yazılım	51
7.4. GIS Hakkında	51
8. SİSTEMİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SONUÇLAR	52
KAYNAKLAR	54
EKLER	57

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Sentetik Hidrolojinin Adımları	9
Şekil 4.1. Algılama Platformları	13
Şekil 4.2. Meteoroloji Uyduları ve Yörüngeleri	15
Şekil 4.3. İngiltere'den Landsat Uydusu Tarafından Alınmış Bir Fotoğraf	17
Şekil 4.4. Landsat ve ERS-1 Görüntüleri	18
Şekil 4.5. EOSAT Görüntüleri	19
Şekil 5.1. Bir Uzaktan Algılama Veri İşleme Sisteminin Tasarımını Etkileyen Beş Büyüklük	26
Şekil 5.2. Veri İşleme Sistemi, Girdi-Çıktı Alt Sistem Modeli	26
Şekil 5.3. SSARR Modelinin Şematik Diyagramı	29
Şekil 5.4. SWM IV Stanford Watershed Model IV	31
Şekil 5.5. Black Box Model. (Kapalı Kutu Modeli)	32
Şekil 5.6. Texas, Colorado Nehrinde Kurulan Veri İletim Ağı	36
Şekil 5.7. Harran Sulama Kanalları İçin Önerilen Regülasyon Şeması	37
Şekil 6.1. Güneydoğu Anadolu Projesi	42
Şekil 6.2. GAP Bölgesinin Türkiye'deki Yeri	43
Şekil 6.3. GAP Kırık Gelişme Aksı	44
Şekil 6.4. Taşkın Kontrolü ve Erken Uyarı Sistemi Düşünülen Seyhan Havzası	46
Şekil 6.5. Şanlıurfa Harran Zirai Alan Konsolidasyonu	47
Şekil 7.1. ARCCAD Uygulamaları İçin Örnekler	50

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 5.1. Su Kaynakları Planlaması İçin Önerilen Sistem Modeli	35
Tablo 6.1. GAP Bölgesinde Temel Sorunlar	41



EKLER

EK 6.1. Havzalara Göre Su Potansiyeli	57
EK 6.2. GAP'ın Toprak Ve Su Potansiyeli	57
EK 6.3. GAP Su Kaynakları Geliştirme Projeleri	58
EK 6.4. GAP Bölgesinde İnşa Halindeki Projeler	58
EK 6.5. Fırat Havzasında İnşa Halindeki Tesisler	59
EK 6.6. Dicle Havzasında İnşa Halindeki Tesisler	59
EK 1.7. GAP Hidroelektrik Enerji Projelerinin Mevcut Durumlar	60
EK 1.8. GAP Sulama Projelerinin Halihazır Durumları	60

1.GİRİŞ

Su kaynakları planlaması, çok boyutlu ve karmaşık bir süreçtir. Planlama süreci içinde, hidroelektrik enerji üretimi, sulama, taşkından koruma gibi değişik amaçlara yönelik optimal çözümler aranırken, çevre sorunları, sosyal faktörler ve genel ekonomik planlama ile uyum da gözönünde tutulmaktadır.

Çok barajlı ve çok maksatlı sistemlerin uzun süreli planlamasında optimizasyon ve benzetim tekniklerinin birlikte kullanılması ile, hidrolojik olayların rassal özelliğini dikkate alan ve belirli riskler altında optimal faydayı sağlayan çözümlere ulaşılabileceği düşüncesinin yanısıra optimizasyon ve benzetim modelleri çerçevesinde, akarsu kolları, akım gözlem istasyonları ve barajların sayısı, tipi, konumları açısından öngörülebilecek herhangi bir konfigürasyon için genelleştirme yapılabilir.

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 çok barajlı ve çok amaçlı akarsu havzalarında sistem analizi, modellemesi ve optimizasyonuna yönelik çalışmalar, değişen amaç ve kriterlerle kullanılacak şekilde mümkün olduğu ölçüde gerçekleştirilmesi düşünülmektedir. Geliştirilecek 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, ülkemizde bu teknolojinin hidrometeoroloji alanındaki ilk uygulaması başlatılmış olacak ve bu sayede entegre su kaynakları optimal planlama ve işletme sistemi ile bölgesel çerçevede değil, Türkiye'de genel olarak su kaynakları planlama ve yönetiminde otomasyona yönelik önemli bir adım atılmış olacaktır.

Bu çalışmada sırası ile; sistem optimizasyon ve tekniklerinden, hidrolojik modelleme çalışmalarından, uzaktan algılama teknolojisi ve kullanım şekllinden ve bu teknolojinin konumuza uyarlanmasından, öneri sistem modelinden, konu için açık bir laboratuvar durumunda olan GAP'tan ve bazı örneklerden, son olarak ta konunun bilgisayar ile olan ilişkilerinden bahsedilecektir.

2. GERÇEK ZAMAN İŞLETMEDE SİSTEM OPTİMİZASYONU

2.1. Su Kaynakları Planlamasında Sistem Optimizasyonu

Su kaynakları planlaması; enerji üretimi, tarım, balıkçılık, ağaçlandırma, taşkından koruma, erozyon kontrolü, içme ve enerji suyu temini, şehircilik, nüfus dağılımı ve bölgesel planlama, rekreasyon, tabiatın ve ekolojik dengenin korunması, ulaştırma ve nehir taşımacılığı, çevre kirliliğinin kontrolü, kamulaştırma ve diğer hukuksal alanlar, ekonomi, maliye, politika ve yönetim olarak sıralanabilen faaliyet alanlarından oluşur. Bu alanların çok boyutlu ve çok amaçlı olma yanlarının yanısıra, makro ve mikro düzeyde planlama sorunlarının birbirlerinden kolayca ayrılamayacak derecede kaynaşmış olarak birarada bulunmaları, bu süreci daha da karmaşık kılmaktadır [26].

Hidrolojik olaylarda görülen rassal (stokastik) özellikle birlikte, su kaynakları kullanımını düzenleyen tesislerin uzun süreler işletmede kalması ve yüksek maliyetleri, bu tesislerin belirli riskler altında optimal faydaları sağlayacak şekilde uzun süreli planlamasına büyük ağırlık kazandırmaktadır. Öte yandan, kısa süreli etkilerin gözönüne alınması, gerek beklenen faydaların daha ayrıntılı bir şekilde optimizasyonu, gerekse taşkınlar gibi risklerin minimuma indirilmesi gereken kritik olayların incelenmesi bakımından önem taşımaktadır. Bu yüzden uzun ve kısa süreli planlamaların bütünleştirilmesi de çok önemlidir.

Su kaynakları planlaması, istenilen amaçlar doğrultusunda ve öngörülen kriterler çerçevesinde su kaynaklarının en verimli kullanılmasını sağlayacak faaliyetlerin tümünü kapsayacaktır. Esas olan sistem optimizasyonu ile ilgili kısımlardır. Bunun için yapılacak planlamada ise (özellikle belirli bir zaman boyutu içinde optimal olduğunun kabulü ile) planlama sürecinin süreklilik arzeden bir niteliğe sahip olması gerekmektedir. Bu yüzden planlama, dinamik ve sürekli olarak yenilenebilir şekilde olmalıdır.

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.

2.2. Optimizasyon Yöntemleri

Su kaynakları sistemlerinin optimizasyonunda kullanılan yöntemler şu şekilde sınıflandırılabilir: [14]

2.2.1. Klasik yöntemler

Uzun yıllar denenmiş ve alışılmış tekniklerle en iyi çözüme yaklaşmayı amaçlayan bu yöntemler bilimsel bir temele dayanmazlar. Ancak, mühendislik tecrübesinin iyi bir şekilde uygulanmasıyla optimuma yakın çözümlere götürebilen bu yöntemler günümüzde de geniş ölçüde kullanılmaktadırlar.

2.2.2. Matematik yöntemler

Belli şartlara uyan sistemler için optimum çözümü belli bir algoritma ile kesin olarak veren bu yöntemler arasında doğrusal (lineer) ve dinamik programlama sayılabilir. Bu yöntemleri su kaynakları sistemlerine uygularken yapılması gereken basitleştirmeler, çoğu zaman varılan çözümün gerçekçi olmayışına yol açmaktadır.

2.2.3. Simülasyon (benzetim) yöntemi

Bu gerçek anlamda bir optimizasyon yöntemi olmamakla birlikte sistemin performansının simülasyon modeliyle belirlenmesi ve elde edilen sonuçlara dayanarak en iyi çözüm aranmasına dayanır. Burada, en iyi çözümün elde edileceği her zaman garanti edilemez.

Fakat, benzetim yöntemi, matematiksel programlamaya dayanan optimizasyon yöntemleri ile birlikte kullanıldığı zaman çok yararlı olabilmektedir.

Bu model çalışması için şöyle bir açıklama yapacak olursak;

Bir seri hidroelektrik tesisten oluşan bir sistemin, birbirini takip eden benzer alt sistemlerden oluştuğu düşünülürse, her alt sistemde genel olarak akış için düzenleme aracı (baraj veya regülatör haznesi), bir enerji üretim merkezi (hidroelektrik santral-HES) ve düzenleme aracı ile enerji üretim merkezi arasındaki taşıma aracı (cebri boru ve/veya taşıma tüneli) bulunmaktadır.

Burada; aşamalar ve durumlar (stages ve states) sözkonusudur. Sistemin süreklilik ve su dengesi denklemleri şu şekilde ifade edilebilir:

$$S_{i,t+1} = S_{it} + F_{it} + Q_{i-1,t} + R_{i-1,t} - Q_{it} - R_{it} - B_{it}$$

$i=1, \dots, n$: Baraj ve tesis sayısı,

$t=1, \dots, m$: Aylık dönemler

$S_{it}, S_{i,t-1}$: i barajında t ve $t-1$ dönemlerinde depolanmış su miktarları.

F_{it} : i barajının havzasına t döneminde gelen akım.

$Q_{it}, Q_{i-1,t}$: i ve $i-1$ barajlarından t döneminde enerji üretimi için bırakılan debiler.

$R_{it}, R_{i-1,t}$: i ve $i-1$ barajlarından t döneminde dolusavaktan bırakılan debiler.

B_{it} : i barajından t döneminde oluşan buharlaşma kaybı.

Sistemin toplam kurulu gücü P_N (Hidroelektrik santrallerin kurulu güçleri : P_i)

$$P_N = \sum_{i=1}^n P_i \geq \sum_{i=1}^n P_{it} \quad (t=1, \dots, m)$$

Amaç fonksiyonu; (Güvenilir enerji maksimizasyonu)

$$\text{Min} [\text{Max}_{t=1, \dots, m} (Q_{nt} + R_{nt})]$$

Kısıt ise; ($W_{n\max}$: i barajından bırakılabilecek max debi.)

$$(Q_{nt} + R_{nt}) \leq W_{n\max}, \quad t=1, \dots, m \text{ şeklinde olabilir.}$$

Genellikle, çok barajlı bir sistemin uzun süreli optimal planlaması için dinamik programlama ve benzetim yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir yaklaşımla, uzun süreli planlamada optimal fayda hedeflenmektedir.

Ancak bu tezimizde, benzer bir sistem optimizasyonu yaklaşımı ile fakat daha kısa süreli işletme gözönüne alınarak enerji ve sulama faydaları yanında taşkın kontrolü ve düşük akımların takviyesi amaçlarına yönelik bir yaklaşım sunulmaktadır.

Daha sonra, uzun ve kısa süreli optimizasyon sonuçlarının bütünleştirilmesi olarak düşünülebilecek olan bu formülasyon, özellikle sistemin bilgisayarlar aracılığıyla doğrudan (ileride bahsedeceğimiz uzaktan algılama sistemiyle) kontrol ile gerçek-zaman (real-time) işletilmesi için de bir temel teşkil edecektir.

2.3. Gerçek-zaman (Real-time) İşletme Nedir?

Kısa süreli planlamada, sistemin, mevcut kayıt ve kriterlere göre belirlenecek kritik bir olayı (taşkın durumları, kuraklık periyotları gibi) optimal bir şekilde kontrol etmesi öngörülmekte, aynı zamanda da sistemden beklenen optimal faydadan olabilecek kayıpların en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır. Burada, bu temel fikir doğrultusunda ve akarsu üzerindeki tesislerin (barajlar, biriktirmesiz tesisler ve HES'ler) tamamının uzun süreli optimal planlamada olduğu gibi bir tek sistem olarak görüldüğü bir yaklaşımın neticesinde gerçek-zaman işletme önerilecektir.

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 sık sık yenilenen tahminlerle tekrarlanması, gerçek-zaman işletmeye yaklaşan bir durum olacaktır.[26]

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 tekrarlanacaktır. Böylece, doğrudan kontrol ile gerçek-zaman işletme durumunda en ayrıntılı optimizasyon yapılabilmekte ve sistemin mevcut ve beklenen şartlara en uygun işletilmesi sağlanmış olacaktır.

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.

3. HİDROLOJİK MODELLEME

3.1. Hidrolojik Modelleme Düşüncesi

Hidrolojik modelleme çalışmasının, bölgede su kaynakları planlama ve yönetiminin en önemli alt yapısını oluşturacağı düşünülebilir. Genel bir ifade ile, hidrolojik çevrim olayının GAP kapsamındaki akarsu havzaları için modellenmesi ve buradan yağış-akış ilişkilerinin modellenmesine geçilmesi, nehir akımlarının modellenmesi, nehir ve rezervuarlarda akım öteleme modelleri geliştirilmesi ve hidrometeorolojik tahmin yeteneği sağlayacak modellerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Şimdi bahsedeceğimiz konuda özellikle hidrolojide kullanılan bazı tanımlar ve modeller üzerinde duracağız.

3.2. Hidrolojide Kullanılan Bazı Tanımlar ve Modeller

Konu ile ilgili bazı tanımlar kısaca şöyle sıralanabilir.

Hidrolojik sistem: Bir girdi veya girdiler üzerine etki yapıp onları çıktılara dönüştüren bir dizi fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik süreçlere (process) hidrolojik sistem denir.

Değişken: Sistemin ölçülebilen ve değişik zamanlarda ölçüldüğünde değişik değerler alan karakteristiğine değişken denir. Variate ve variable aynı manada kullanılır.

Parametre: Hidrolojik sistemi karakterize eden ve zaman içinde değişmeyen kemiyettir. Örneğin, "havanın alanı" havayı temsil eder ve zaman ile değişmez.

Model: Kompleks (karmaşık) bir sistemin basitleştirilmiş tanımlanmasına model denir.

Hidrolojik Modeller: 1) Fiziksel,
2) Analog ve
3) Matematiksel olabilir.

Matematiksel Modeller: Değişkenler ve parametreler arasındaki ilişkileri tanımlayan, mantıksal cümleler ve bir dizi denklemler kullanarak sistemin davranışını veren modellerdir.

Fiziksel Modeller: (Parametrik Model) Hidrolojik çevrim olayının bileşenleri arasındaki fiziksel etkileşimlerin belirlenmesine yönelik modellerdir.

$x(t)$: Girdi değişkenler

$y(t)$: Çıktı değişkenler

t : Zaman olduğuna göre; matematiksel model;

$$f(x(t), y(t); \frac{ax}{at}, \frac{ay}{at}, \frac{a^2x}{at^2}, \frac{a^2y}{at^2}, \dots, \theta_1, \theta_2, \dots) = 0 \text{ olur.}$$

Bu ilişki, kısmi türevlerin yerine sonlu farklar konursa, bu ilişki;

$$f(x_t, y_t; x_{t-1}, y_{t-1}, x_{t-2}, y_{t-2}, \dots, \theta_1, \theta_2, \dots) = 0 \text{ şekline dönüşür.}$$

Bundan da "input-output model" (girdi-çıkı model) tanımı kullanılmak suretiyle girdi ve çıktıları olan bir model olarak bahsedilebilir.

Hidrolojik çevrim olayında, yağışın akışa dönüşümünün doğrudan incelenmesine "kapalı kutu" yaklaşımı denir. (Hidrograflar)

"Hidrolojide uzaktan algılama" tekniklerine dayalı model düşüncesinden ileriki bölümlerde bahsedilecektir.

3.3. Hidrolojide Kullanılan Modellerin Sınıflandırılması

Su kaynakları sistemlerinin planlaması ile ilgili çalışmalarda (özellikle biriktirme haznelerinin tasarımı ve işletmesinde) hidrolojik verilere gerek duyulur. Hidrolojik değişkenler, rastgele değişken niteliğinde olup, ancak istatistik özellikleriyle ifade edilirler. Bu değişkenlerin zaman içinde ardışık anlarda aldıkları değerler arasında genellikle istatistik anlamda iç bağımlılık bulunduğu için bu değerler bir stokastik süreç oluştururlar.

Örneğin bir biriktirme haznesine gerçek ömrü boyunca girecek akımları önceden bilmek mümkün değildir. Elimizde ancak daha önce yapılmış gözlemlerden elde edilen veriler bulunduğuna göre, kararları bu verilere dayanarak vermek gerekir. Bu durumda iki yaklaşım sözkonusu olabilir. [15]

3.3.1. Deterministik yaklaşım

Sistemin gerçek ömrü boyunca ortaya çıkacak akımların gözlenmiş akımlarla aynı olacağı kabul edilir. Bu kabul şüphesizki gerçeklerle uyuşmaz. Ayrıca, haznelerin ekonomik ömrü genellikle 50 yıl alındığı halde gözlenmiş serilerin çoğu daha kısadır. Daha uzun süreli veriler elde etmek için beklemekte genellikle mümkün değildir. Bu nedenlerle deterministik yaklaşımda hidrolojik belirsizlik gözönüne alınamaz, bunun sonucu olarak verilen kararlardaki güvenirlilik (ya da risk) belirlenemez. Bu, özellikle yıllar arası düzenleme yapan biriktirme haznelerinde önem taşır.

3.3.2. Stokastik yaklaşım

Bu yaklaşımda gözlenmiş akımlara dayanarak sözkonusu akım süreci için bir matematik model kurulur. Sonra bu modele göre istenilen uzunluk ve sayıda sentetik akım serileri türetilir. Bu seriler, herbiri gelecekte görülebilecek aynı ölçüde olası akım dizileri olup biriktirme haznesinin ekonomik ömrü boyunca hazneye girecek akımları temsil ettikleri kabul edilebilir. Böylelikle haznenin gözlenmiş akımlara göre daha kurak yada sulak dönemlerdeki davranışı belirlenebilir. Sentetik serileri kullanarak optimum çözüm ve buna karşı gelen risk belirlenebilir. Hidrolojik süreçlerin matematik modellerinin kurulması ve bunlara dayanarak sentetik seriler türetilmesi, sentetik hidrolojinin konusunu oluşturmaktadır.

Deterministik ve stokastik yaklaşımla hidrolojik modeller 4 grupta toplanabilir.

- (1) SC Stochastic-Conceptual = Stokastik Kuramsal
- (2) SE Stochastic-Empirical = Stokastik Deneysel
- (3) DC Deterministic-Conceptual = Deterministik Kuramsal
- (4) DE Deterministic-Empirical = Deterministik Deneysel

Bunlardan herhangi birine girmiş modeller yine değişik şekillerde sınıflandırılabilir.

- a) Sistemler teorisi bakımından lineer (doğrusal) olanlar. (LST)
- b) Sistemler teorisi bakımından non-lineer olanlar. (NLST)

Stokastik modeller yine ikiye ayrılır.

- a) İstatistiksel regresyon bakımından doğrusal olanlar. (LSR)
- b) İstatistiksel regresyon bakımından doğrusal olmayan. (NLSR)

Yukarıdaki 4 ana grubun herhangi birine giren modeller;

- (i) Kümelenmiş,
- (ii) Rastgele dağılımlı,
- (iii) Geometrik dağılımlı olabilir.

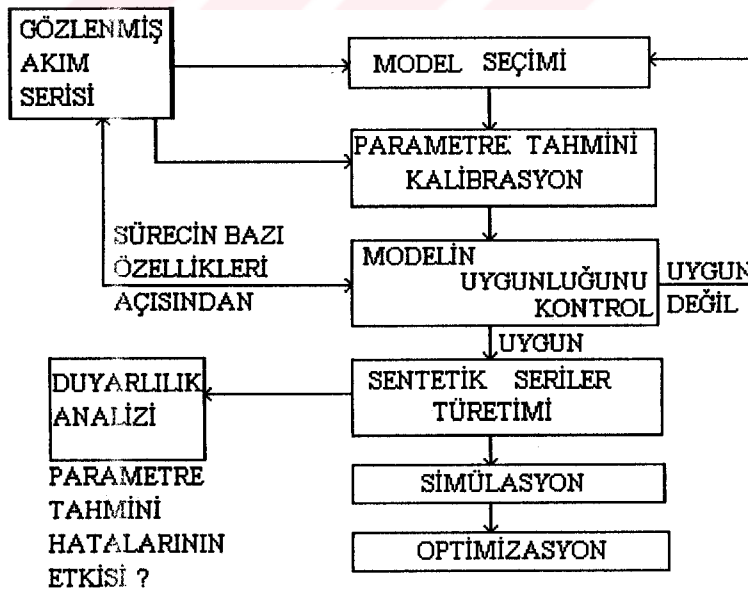
3.4. Stokastik ve Deterministik Modellerin Farklılığı

$y_t = f(x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, \theta_1, \theta_2, \dots) + \varepsilon_t$ denklemindeki x_t, y_t, ε_t değişkenlerinden herhangi biri, belirli olasılık dağılımına sahip rastgele değişken ise model stokastiktir ve istatistiksel deyimini yerine stokastik deyimini tercih edilir, sebep model ile ilişkileri ortaya koyulan hidrolojik değişkenlerin zamana bağlılığını göstermesidir. Eğer bu denklemin değişkenlerinin hiçbirisinin rastgele değişimi yok ve şansa bağlı bir dağılım göstermiyorlarsa, bu durumda model deterministiktir.

3.5. Sentetik Hidroloji Hakkında (Şekil 3.1.)

Sentetik hidroloji çalışmaları şu adımlardan oluşur.

- Gözlenmiş akım serisine dayanarak akım modelinin seçilmesi.
- Yine gözlenmiş verileri kullanarak model parametrelerinin tahmini. (Kalibrasyon)
- Modelin uygunluğunun kontrolü.
- Sentetik seriler türetilmesi.
- Simülasyon. (Benzetim)
- Optimizasyon: En iyi çözüm.



Şekil 3.1. Sentetik Hidrolojinin Adımları

3.6. Hidrolojik Süreçlerin Modellenmesi

3.6.1. Yıllık akımlar süreci

Stasyoner bir süreç olan yıllık akımlar sürecinde herhangi bir yılın akımının iki bileşenden oluştuğu düşünülebilir.

$$X_i = d_i + \varepsilon_i$$

Burada; d_i , önceki yılların akımları ile bağımlı olan bileşen, ε_i , bağımsız rastgele bileşendir.

d_i bileşeni için çeşitli modeller kullanılabilir. Bunların arasında en basit olan ve en çok kullanılan kısaca Markov Modeli olarak bilinen doğrusal otoregresif modeldir.

$$X_i = \sum_{j=1}^m a_j \cdot x_{i-j} + \varepsilon_i$$

Görüldüğü gibi i . inci yılın akımı bundan önceki m yılın akımları ile bağımlı olarak ifade edilmektedir. En basit olarak $m=1$ alınırsa 1. mertebe Markov modeli elde edilir.

$$X_i = a_1 \cdot X_{i-1} + \varepsilon_i$$

Seçilen modelin uygunluğunu kontrol etmek için hesaplanan parametre değerlerini ve gözlenmiş akım verilerini kullanarak ε_i değerleri belirlenir. ε sürecinin gerçekten bağımsız olup olmadığı kontrol edilir. Bunun için ε lerin otokorelasyon katsayılarını hesaplamak gerekir.

3.6.2. Aylık akımlar süreci

$z_{ij} = (y_{ij} - y_j) / s_j$ şeklinde belirlenmiş olan z değişkeni yaklaşık olarak stasyoner (zaman içinde değişmeyen) olduğuna göre yine Markov modeli kullanılabilir. Otokorelasyon katsayısının aydan aya değişimi gözönüne alınmak istenirse 1. mertebe Markov modeli ;

$$z_{ij} = r_{j1} \cdot z_{i,j-1} + \varepsilon_{ij}$$
 şeklinde yazılır.

r_{j1} yılın $j-1$ ve j . inci ayları arasındaki otokorelasyon katsayısıdır. 2. mertebe Markov modelleri de benzer şekilde yazılabilir. Ancak bunlarda parametre sayısı çok büyük olacaktır.

3.7. Hidrolojik Süreçler için Kullanılan Diğer Modeller

Hidrolojik süreçlerin modelleri için şöyle bir sınıflandırma yapılabilir:

- 1) Tek bir nokta için modeller: İncelemiş olduğumuz bu modeller gördüğümüz gibi stasyonerya ya da periyodik bileşenli olabilir.
- 2) Çok sayıda nokta için modeller: aralarında bağımlılık bulunan birden fazla istasyondaki akım serileri için kullanılan bu modellerde parametre sayısı çok daha fazla olur.

Gerek tek nokta, gerekse çok sayıda nokta için ileri sürülen modeller genel olarak şu şekilde sınıflandırılabilir:

1) ARMA Modelleri:

- 1.1. Otoregresif (AR) modeller (Markov modelleri)
- 1.2. Hareketli ortalama (MA) modelleri.
- 1.3. Karma modeller (ARMA)

2) Diğer Modeller:

- 2.1. Fractional Gaussian noise (FGn) modeli
- 2.2. Kırık çizgi modeli.

3.8. GAP Kapsamındaki Hidrolojik Modelleme Adımları

Uzaktan algılama konusu detaylı olarak açıklandıktan sonra;

- a) Yağış-akış ilişkisinin modellenmesi
- b) Akımların modellenmesi
- c) Akarsu ve rezervuarlarda akımların ötelenmesi
- d) Hidrometeorolojik tahmin yöntemleri, üzerinde açıklamalar yapılacaktır.

4. UZAKTAN ALGILAMA

4.1 Uzaktan Algılamaya Giriş

İngilizce "Remote Sensing" , Almanca "Fernerkundung" ve Fransızca "Teledetection" olarak bilinen uzaktan algılama, yeryüzünün ve yer kaynaklarının incelenmesinde onlarla fiziksel bağlantı kurmadan kaydetme ve inceleme tekniğidir.[22]

Bu teknoloji 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. Bu verilerin, kritik gıda kıtlıklarına çare bulmak; çevre kirliliğini incelemek ve kontrol etmek, azalan doğal kaynak stoklarını artırmak ve kentlerin düzenli büyümelerini planlamak, doğal ve yapay kaynaklardan maksimum faydayı sağlamak gibi birçok insanlık probleminin çözülmesine yardımcı olmak açısından büyük potansiyeli vardır. Bu gereksinimlerin ışığı altında, bu uydu verileri, hem çabuk, hem de ekonomik olarak yararlı bilgilere indirgenebilmeleri halinde, insanlık için çok değerlidir.

İşte bu yüzden, bu tez içerisinde, uzaktan algılama teknolojisinin, özellikle GAP projesi içerisindeki hidrolojik modelleme ve gerçek zaman işletme için gerekliliği vurgulanmaya çalışılacaktır.

4.2. Uzaktan Algılamanın Temelleri

Uzaktan algılama olayında başlıca dört temel öge vardır:

4.2.1. Radyasyon kaynağı:

Dünyamız için en önemli radyasyon kaynağı güneştir. Uzaktan algılama, elektromanyetik dalgaların enerjinin cisimlerle etkileşmesi esasına dayandığı için, elektromanyetik spektrumun bilinmesi gerekir.

4.2.2. Atmosferik geçirgenlik:

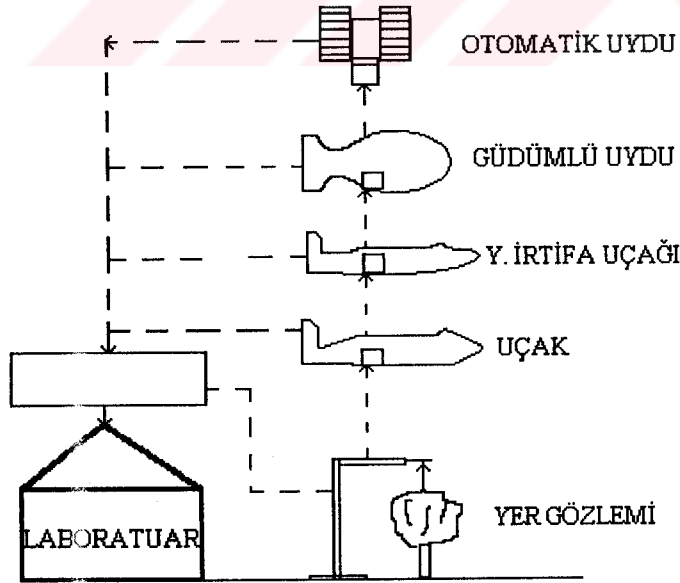
Uzaktan algılamada, atmosferik pencerelerin önemi çok büyüktür. Çünkü algılayıcılar tarafından kaydedilebilecek enerjinin en fazla olduğu pencereler gözetilerek çok bantlı algılayıcılar planlanabilmektedir.

4.2.3. Yeryüzü objeleri:

Yeryüzü genel olarak; bitki örtüsü, kaya-toprak, su yüzeyleri ve insan yapısı materyallerle kaplıdır. Bunlar içinde tipik olan bazı yeryüzü örtü çeşitlerinin elektromanyetik spektrum içindeki yansıma karakteristikleri belirlenebilmektedir.

4.2.3. Algılayıcılar ve platformları:

Şematik gösterim şöyledir: (Şekil 4.1)



Şekil 4.1. Algılama Platformları

4.3. Çeşitli Uydular

Uydular, büyük bölgelerin çok daha kısa zamanda incelenmesine imkan sağlarlar. Bu araçlar iki tiptir:

-Skylab, Gemini, Apollo, Uzay Mekiği vb. insanlı uydular...

-Landsat, Meteosat, Seasat, Geos, Tiros, Meteor, NOAA, vb. gibi insansız uydular...

Uydular uzayda bir yörünge takip ederler. Bu yörüngelerin bir kısmı yaklaşık kutupsal (örneğin Landsat), bir kısmı ekvatorial (örneğin Meteosat), diğer kısmı da eğik yörüngelerdir. (Örneğin Skylab ve Uzay mekiği gibi)

Kutupsal yörüngeli uyduların hareketleri güneşle eş zamanlı olabilmektedir. Yani böyle uydular dünyanın herhangi bir noktası üzerinden daima aynı yerel saatte geçerler.

Ekvatorial yörüngeli olanlar batıdan doğuya doğru dünya ile aynı açısal hızla dönerlerse dünyaya göre aynı yerde duruyormuş gibi görünürler. Böyle uydulara "Jeostationer=Sabit uydular" denir. Meteoroloji uydularının bazıları böyledir.

Eğik yörüngeli uyduların bazıları ne kutuplardan ne de ekvator düzleminden geçer, ikisi arasındadır.

Önemli birkaç uydu ve özellikleri aşağıda verilmiştir: (Şekil 4.2)

Landsat uydusu: (ABD-1972) Yeryüzü kaynaklarını araştırma uydusudur. Landsat uyduları, Türkiye'nin tamamını yaklaşık 60 görüntü ile taramaktadır. Yörüngesi yaklaşık kutupsaldır. Landsat verileri ürün cinsine göre tarım alanlarını haritalayabildiği gibi değişik tip ürünler için sulama miktarını belirleyebilir. Bu veriler milli su bütçesinin hesaplanmasında kullanılabilir. Landsat verileri yeryüzündeki işaretlerden yeraltı su kaynaklarını da tesbit edebilmektedirler.

Spot uydusu: (Fransa-1986) Arazi kullanımı, haritalama, ziraat, orman ve jeoloji konularında bilgi toplar. Yaklaşık kutupsaldır.

Meteosat uydusu: Yörüngesi ekvatoraldır. Meteorolojik çalışmalar için hazırlanmıştır. Türkiye'de hava durumunu belirlemek için genellikle NOAA uydusundan yararlanır. Bazen Meteosat ve diğer uydulardan da görüntü alınır.

Popsat uydusu: Jeolojik çalışmalar yapan bu uydu, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından gönderilmiştir.

Seasat uydusu: Denizcilik konularında bilgi toplamak için gönderilmiştir.

Soyuz-22 uydusu: (Rusya-D. Almanya) Su, kara, tektonik yapı, buzullar, nehir yatakları, su kirliliği, çevre koruması konularında bir atlas için fotoğraflama yapmaktadır.

Uzay mekiği: (Space shuttle) Columbia, Discovery, Challenger, gibi insanlı mekiklerdir. Bu mekiklerden elde edilen verilerle; jeoloji, hidroloji, orman, haritalama, arazi haritalama vb. işlerde faydalanılmaktadır.

ERS-1: Avrupa Uzay Ajansı'nın (Europe Space Agency) tamamen uzaktan algılama konusunda hizmet vermek üzere ayrılmış polar yörünge üzerindeki ilk uydusudur.

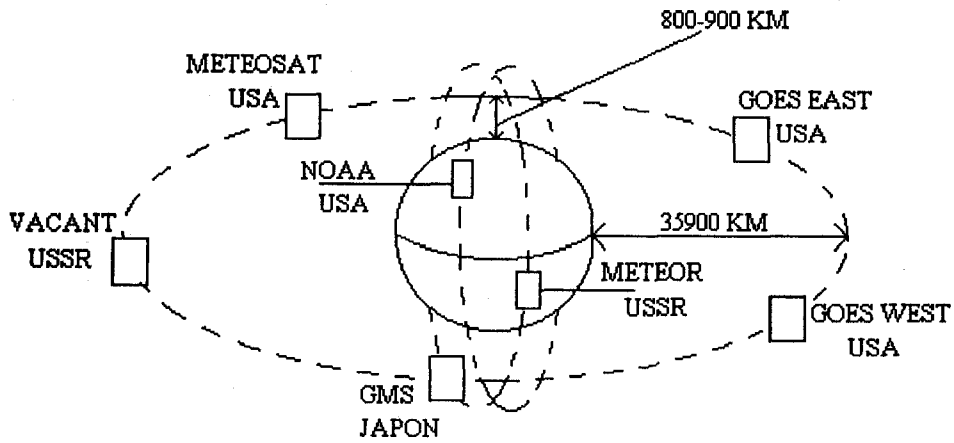
ERS-1'in ürünleri:

*Radar Altimeter (RA)-RA iki tane ölçü moduna sahiptir.Okyanus ve buz.

*Along-Track Scanning Radiometer (ATSR)

*Laser Retroreflector.

Bu ürünlerin bir kısmı halen üretilmektedir, bir kısmının ise üretimi yakında gerçekleştirilecektir.



Şekil 4.2. Meteoroloji Uyduları ve Yörüngeleri

4.4. Çeşitli Algılayıcılar

4.4.1 Yer algılayıcıları.

- a) Spektrofotometre
- b) Spektroradyometre

4.4.2. Uçak ve Uydulardaki Algılayıcılar

- a) Fotoğraf kameraları
- b) Elektro-optik tarayıcıları (Scanners)
- c) Radar

4.5. Uydu Kayıtlarının Alıcı Yer İstasyonlarına İletilmesi

Genel olarak yapay uydularca algılanan görüntüler, yer istasyonlarına iki yolla iletilirler:

- a) Kayıt yapan insanlı veya insansız uydunun, ya da uzay aracının dünyaya geri dönmesi ve kayıtlarını birlikte getirmesi.
- b) Kayıtların radyo tekniği ile telemetrik yoldan yer istasyonlarına iletilmesi.

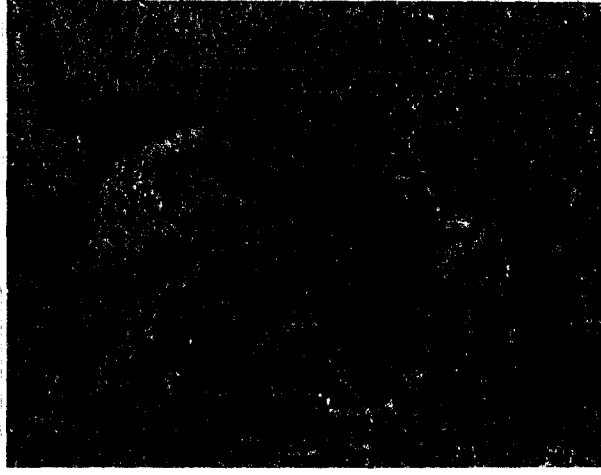
4.6. Uydulardan Alınan Görüntülerin İnceleme Metodları

- a) Çıplak gözle, tek mercekli veya stereoskopluk inceleme.
- b) Renk katıcı izdüşüm gereçleri ile inceleme. (Additive Colour Viewers)
- c) Bilgisayar kullanarak inceleme: Bu metodla ilgili olarak aşağıdaki maddeler incelenebilir. [28]
 - 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)

Aşağıda bazı uydu fotoğrafları örnekleri verilmiştir. (Şekil 4.3), (Şekil 4.4), (Şekil- 4.5) [8]



Şekil 4.3. İngiltere'den Landsat uydusu tarafından alınmış bir fotoğraf.



ERS-1 Radar - Acquired July 14, 1993



A Compelling View of Australia

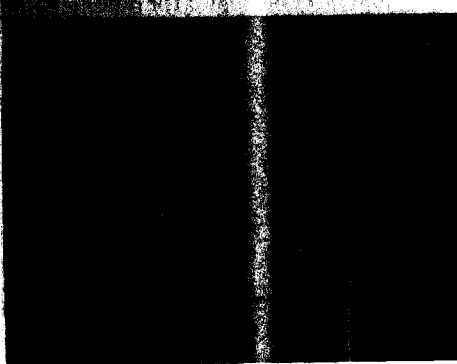


Image A



Image B

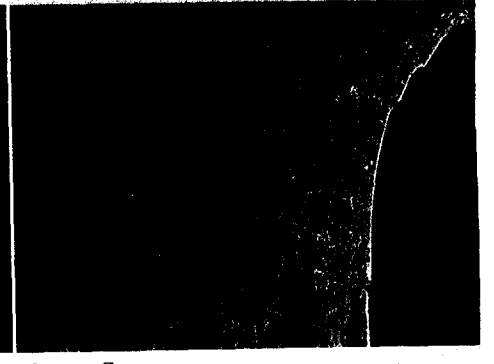
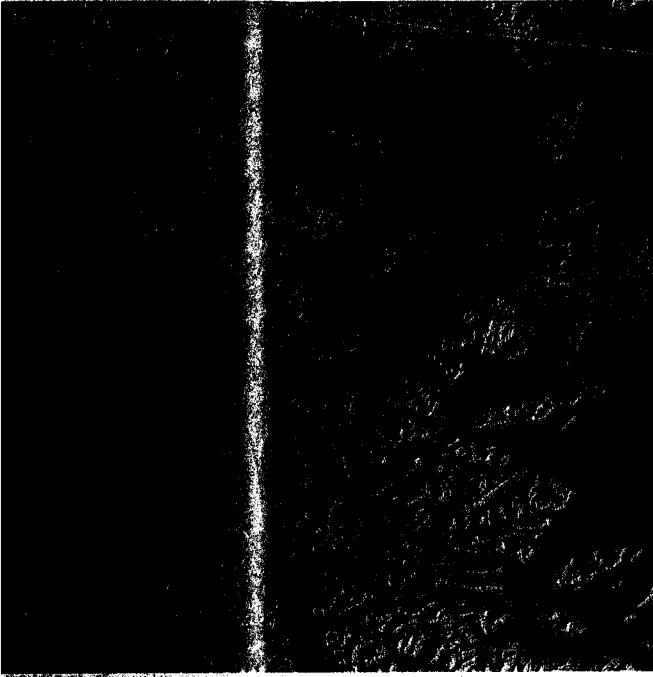
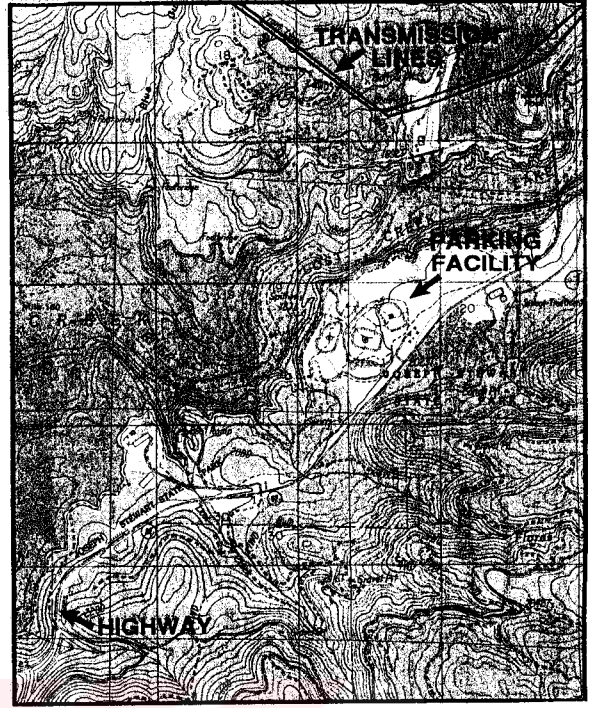


Image C

Şekil 4.4. Landsat ve ERS-1 Görüntüleri.



One of the many Landsat scenes available for purchase is Wood-Tikchik State Park, Alaska. Illustrating the month of August in EOSAT's 1994 desk calendar, the image (TM Bands 5, 4, 3 RGB)



southwestern Oregon.

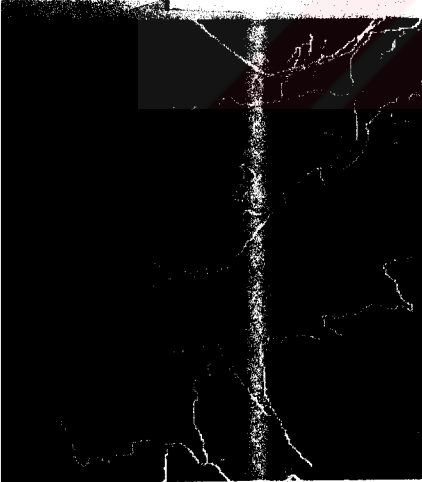


Figure 1

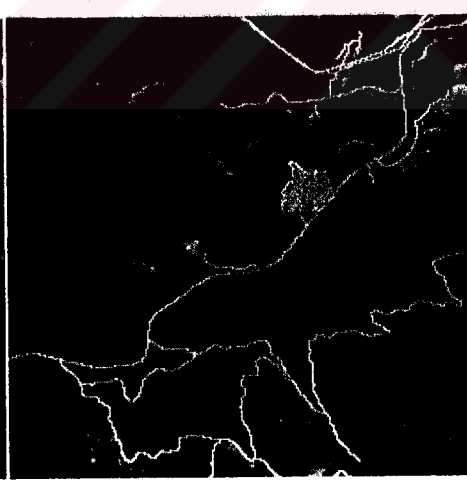


Figure 2

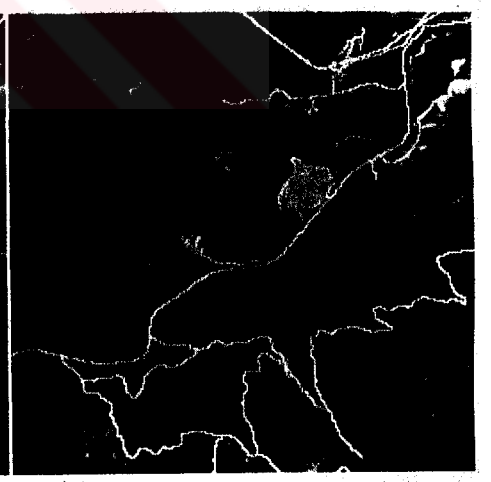


Figure 3

Şekil 4.5. EOSAT Görüntüleri.

4.7. Uzaktan Algılamanın Kullanıldığı Alanlar

- a) Jeolojik uygulamalar
- b) Hidrolojik uygulamalar
- c) Ormancılık uygulamaları
- d) Tarım çalışmalarındaki uygulamalar
- e) Haritacılıktaki uygulamalar
- f) Mühendislik çalışmalarındaki uygulamalar
- g) Meteorolojik uygulamalar
- h) Oşinografik uygulamalar
- i) Seomorfolojik uygulamalar vs.

4.8. Bir Uzaktan Algılama Projesinin Yürütülmesinde Anahtar Adımlar

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.

Uzaktan algılama uygulamasıyla ilgili detaylı adımları gelecek bölümde işleyeceğiz.

5. HİDROLOJİK MODELLEMEDE UZAKTAN ALGILAMA VE GERÇEK ZAMAN İŞLETMEDE KULLANILMASI

5.1. Uzaktan Algılamanın Hidrolojiye Girişi

Hidrolojinin tarihi temelleri, geçmişteki gözlemlere ve insanların hayatta kalabilmek için suyu kontrol etme teşebbüslerine dayanır. Chow, hidrolojinin tarihini sekiz devreye ayırdı. Bu, insanların artışıyla birlikte, bildiğimiz yerküreyi tanımlamak için yaptıkları yorumların bütünüdür. [16]

1) **Nazariye döneminde** (1400 ve öncesi) ; Plato, Homer ve Aristotle, bazı hidrolojik devirlerin şekillerinin farkına vardılar. Bu ilk filozoflara rağmen, bildiğimiz çoğu su kemeri ve sulama sistemleri gibi büyük rakamlı hidrolik yapılar, insanların arzularını ve modernleşme için gerekli olan su kaynaklarının kontrolüne olan ihtiyacını gösterdi.

2) **Gözlem döneminde** (Rönesans dönemi; 1400-1600) Palissy ve Leonardo da Vinci, okyanuslardan buharlaşan suyun karaya yağmur olarak düşüşü ve oradan tekrar okyanuslara dönüşünü, hidrolojik dönüşüm olarak tanımladılar.

3) Kantitatif hidroloji, belkide Perrault, Mariotte ve Halley gibi çoğu bilim adamının farklı hidrolojik bileşimlerde ölçüm yaptığı **Ölçüm döneminde** (1600-1700) başladı.

4) **Deney dönemi** (1700-1800), bize kendi isimlerini taşıyan keşifleri olan Pitot, Bernoulli, D'Alembert ve Chezy gibi isimleri içeren uzun bir liste verir.

5) Chow'a göre, onun **Modernizasyon dönemi** (1800-1900) dediği 19. yüzyılda, şimdi bildiğimiz gibi, hidroloji biliminin kuruluşu görülür. Özellikle sualtı ve suyüzeyi alanlarında, bazı önemli adımlar, bu yüzyılda hidroloji için atılmıştır.

6) Kantitatif hidrolojiye olan akın, **Deneyimcilik döneminde** (1900-1930) arttı. Hidrolojinin bilimsel olarak iyi anlaşılabilmesi, eldeki problemin çözümü için büyük rakamlı deneysel formüllere götürür. İşin ilginç tarafı, bu dönemle ilgili referansların çoğu, insanlardan ziyade çeşitli reklamasyon ve çevre büroları gibi kuruluşlardır.

7) Bu durum **Rasyonalizasyon dönemi** (1935-1950) için geçerli değildir. Bu dönemde modern hidrolojinin gerçek kavramı bulunabilir. Sherman, Horton, Theis, Gumble, Hazen, Bernard ve Einstein gibi insanlar, günümüzde bile hala çok iyi kullanılan araştırmalarını açıklamışlar ve prosedürlerini geliştirmişlerdir.

8) Chow'un son dönemi **Nazariye dönemi**dir.(1950'den günümüze) Burada hidrologlar, hidrolik problemlerin teorik çözümünü yakalamaya teşebbüs ettiler. Bu çalışma, hidrolojinin karmaşık yanlarını fazlasıyla kavramaya çalıştı, ama hidrolojistler çok miktarda pratik yapamadılar.

1985'te bu liste güncelleştirildiğinde, çeşitli ilave periyotlar eklenmiştir: **Kompüter periyodu, karma düzen araştırmaları periyodu, sistem analiz periyodu, çevre kalitesi periyodu, modelleme periyotları, çözüme karşı stokastik periyot vs...** Ve nihayet bu listeye en güncel periyod olan **uzaktan algılama** girdi.

5.2. Hidrometeorolojik Verilerin Elde Edilmesinde Uzaktan Algılama Teknolojisinin Kullanılması

GAP kapsamındaki baraj ve hidroelektrik santraller hakkında ayrıntılı bilgileri ilk bölümde aktarmaya çalışmıştık. 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.

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 gerçekleştirilecektir. Daha sonra, geliştirilen bu entegre su kaynakları planlama ve yönetim sistemi yardımıyla, GAP çerçevesinde su kaynakları kullanımını düzenleyen tesislerin, öngörülen amaç ve kriterler doğrultusunda ve değişik gelişme aşamalarındaki konfigürasyonları için, optimal çözümler elde edilecek ve değerlendirilecektir.

Geliştirilecek bilgisayara dayalı entegre su kaynakları planlama ve yönetim sisteminde, hidrometeorolojik verilerin elde edilmesi, değerlendirilmesi ve ilgili veri tabanının oluşturulmasında, günümüzün uydu teknolojisinin sağladığı imkanlardan yararlanılarak uzaktan algılama yöntemleri ve buna ilişkin görüntü işleme teknikleri kullanılacaktır. Böylece, bu teknolojinin ülkemizde hidrometeoroloji alanındaki ilk uygulaması başlatılmış olmakla birlikte, hidroloji ve meteoroloji alanındaki bu yeni teknoloji uygulamasının, yapılacak çalışmanın ötesinde ülkemiz açısından stratejik bir önem taşıyacağı da ayrıca vurgulanmalıdır.

Bu çalışma ile, Türkiye genelinde düşünülebilecek bir planlama ve yönetimde otomasyon konusunda önemli bir adım 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.

5.2.1. Hidrolojik modelleme için uzaktan algılamanın adımları

Hidrolojik çevrim olayının GAP kapsamındaki akarsu havzaları için modellenmesinde hedeflenen adımlar (uzaktan algılama için) şu şekilde sıralanabilir.

a) Genel (günlük-cari) uygulamalar: Landsat uydu verileri hidrolojik bilgilerin en yaygın kaynağıdır. Ancak genelde fotogrametrik bilgiler ön plandadır. Bu alana fazla girmeyeceğiz.

b) Yağış-akış ilişkisinin modellenmesi: Atmosferdeki su buharının yağışa dönüşmesi, yağışın toprak ve bitki örtüsü tarafından tutulan kısmı ile yüzeysel akış ve bunun akarsu debisine etkisi, açık su yüzeylerinden, topraktan ve bitki örtüsünden buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfere su kaybı (evapo-transpirasyon), yeraltı suyu seviyesi ve bunun akarsu debisine etkisi, kar örtüsü, kar erimesi ve yüzeysel akışa dönüşmesi incelenecektir. Veriler NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) uydusundan elde edilecektir.

Çalışmanın, hidrolojik çevrim olayının bileşenlerine ayrılarak analizi ve bu bileşenler arasındaki fiziksel etkileşimlerin belirlenmesine yönelik "parametrik modelleme", yağışın akışa dönüşümünü doğrudan incelemeye yönelik "kapalı kutu" yaklaşımı (hidrograflar) ve mümkün olduğu ölçüde "hidrolojide uzaktan algılama" tekniklerine bağlı yöntemler çerçevesinde mukayeseli olarak yapılması gerekir. Hidrolojik modelleme ile ilgili parametreler, bir yandan uzaktan algılama ile belirlenecek, bir yandanda yerden ölçüm yöntemleri ile kalibre edilecek ve daha sonra veri tabanına yüklenecektir. Bu arada herhangi bir hidrometeorolojik olayın, mevcut hidrolojik dengeyi nasıl etkileyeceği belirli hata sınırları içinde belirlenecektir. Bu arada hidrolojik çevrimin izlenmesi, iklim üzerindeki etkilerin belirlenmesi ve yanısıra,

havza hidrolojisi ve havzadaki tesislerin işletme politikaları, akarsu kirletici madde konsantrasyonu ve çevre kirliliğinin kontrolü açısından da önem taşımaktadır. [25]

c) Akımların modellenmesi: Sistemin simülasyon modelinde denenmesi için gözlenmiş akımlar modellenerek, sentetik akım serileri türetilecektir. Modelleme sırasında, akımların stokastik özelliği ve rastgele bileşeni yanında, bölgedeki akarsu kolları üzerinde herhangi bir sayıda veya konfigürasyonda bulunabilecek akım gözlem istasyonları arasındaki çapraz ilişkiler (cross-correlations) genel bir çerçevede geçerli olmak üzere dikkate alınacaktır.

d) Akarsu ve rezervuarlarda akım ötelenmesi: Sistemdeki akarsu ve rezervuarlarda, bölgesel yağışlardan kaynaklanan bir hidrografın veya işletme kararları sonucunda sistemdeki barajlardan bırakılan debilerin, akarsu yatağı boyunca ve rezervuarlarda ötelenmesi için akımın süreklilik denklemi ve hareket denklemini birlikte dikkate alan dinamik dalga yayılması modelinin kullanılması düşünülebilir.

e) Kar hidrolojisi ve su temini tahminleri: Su temini tahmini modeli (water supply forecast model) çoklu dönüş tipindedir. (multiple-regression)

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_nx_n$$

Burada Y, tahmin dönemindeki akış hacmini, x_1, x_2, \dots, x_n ise n adet kar dönemi için karsuyunu, a, b_1, b_2, \dots, b_n ise geliştirilmiş deneysel verilerdir.

C.F.Leaf, kar örtüsü ile yığılmış akım arasındaki ilişkiyi hava fotoğrafları ile göstermeye çalışmış ve zincirleme fotoğrafların kar örtüsü azalmasının, kar eriyiği pikinin büyüklüğü ve zamanını tahmin etmeye yardımcı olduğunu belirtmektedir. [18]

f) Taşkın ve taşkın alan haritaları: Taşkın etkisindeki yerler veya taşkın ovaları, uzaktan algılama teknikleriyle etkili olarak belirlenebilmektedir. Kızılötesi fotoğraflar, termal kızılötesi veriler ve çok boyutlu tayf verilerinden taşkınlar için başarılı haritalamalar yapılabilir. Bunun için Landsat, NOAA ve diğer meteoroloji uydularından faydalanılabilir.

g) Hidrometeorolojik tahmin: Sistemin kısa süreli, gerçek-zaman optimal işletilmesi için, oldukça kısa zaman aralıkları ile (saatlik-günlük) hidrolojik ve meteorolojik verilerin elde edilebilmesi ve ileriye dönük tahmin yeteneklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun için de, uzaktan algılama yöntemleriyle veya yerden ölçümü yapılan fiziksel büyüklüklerle hidrolojik ve meteorolojik verileri ilişkilendiren modellerin kullanılması gereği ortaya çıkmaktadır.

Şu anda klasik yöntemlerle, DSİ tarafından;

* Fırat havzasında; 116 noktada,

* Dicle havzasında; 33 noktada, [6]

bulunan akım gözlem istasyonları ile akımlar günlük olarak ölçülmektedir. Şüphesizki, bu miktarlara yağış ve akışın çeşitli parametreleri etki etmektedir.

Şu sıralarda sadece Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünce kullanılan basit bir otomasyon niteliğindeki APT (Automatic Picture Transmission) verileri haricinde, kurulması gereken bir yer istasyonunda uydulardan, öngörülen amaçlarda faydalanabilmeye yönelik HRPT (High Resulation Picture Transmission) sayısal verilerini elde edip kullanabilme gereği ortaya çıkmaktadır.

Böyle bir istasyonda yüksek ayrımlı HRPT 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.

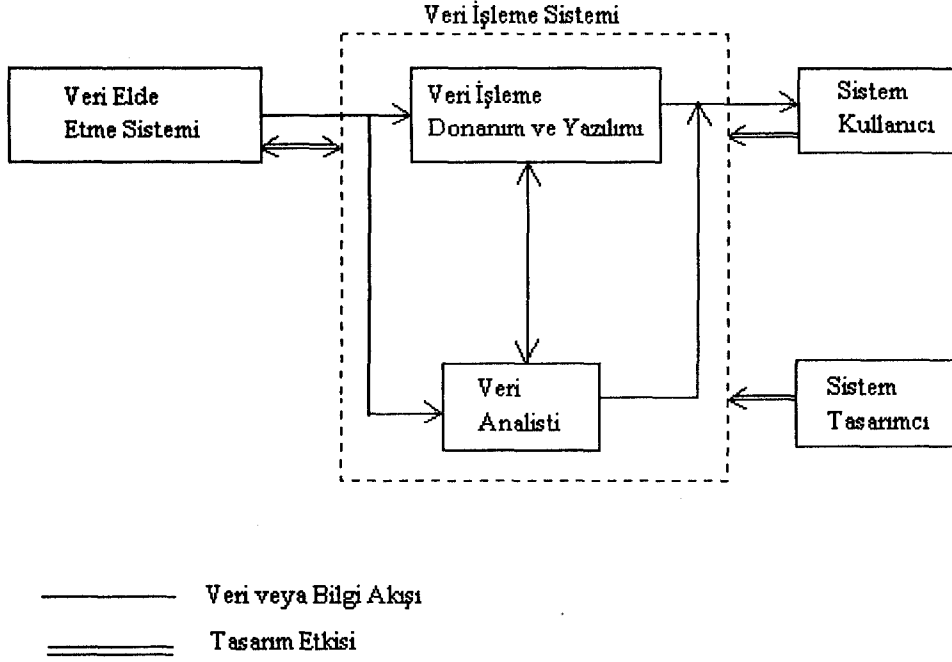
Şimdi, kurulması düşünülen veri istasyonuyla ilgili sistem modeli hakkında açıklamalar yapmaya çalışalım:

5.3. Veri İşleme Sistem Modeli

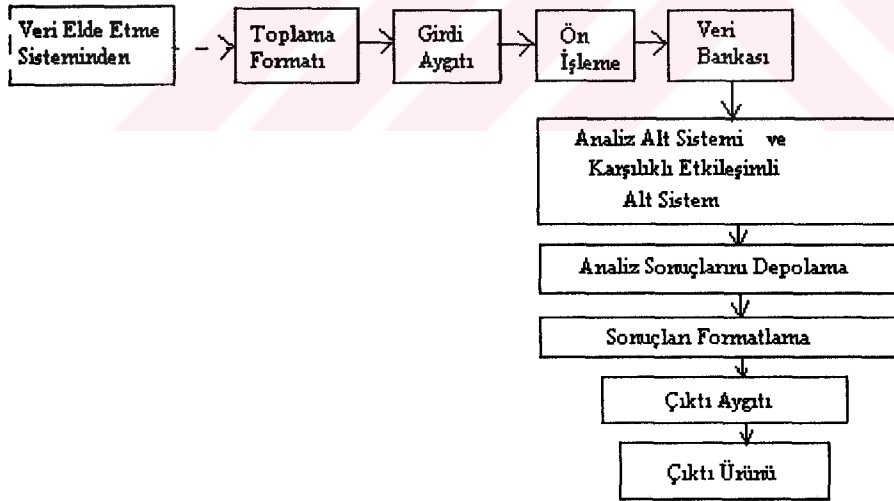
Veri işleme sisteminin amacı, uzaktan algılama araştırmalarını kolaylaştırmaktan başlayıp, uygulamaya yönelik bir bazda spesifik ürünler üretmeye kadar uzanmaktadır. Bu ekstremler arasında, bu iki amacın mümkün olabilecek her karışımı bulunmaktadır. Belirli bir veri işleme sisteminin optimum tasarımı, diğer herhangi bir faktörden çok, sistemin amacından bağımlıdır. [27]

Bir uzaktan algılama veri işleme sisteminin tasarımını etkileyen beş büyüklük şöyle sıralanabilir. (Şekil 5.1)

Veri işleme sistemi, Girdi-çıkış alt sistem modeli ise (Şekil 5.2)'de görülebilir.



Şekil 5.1. Bir Uzaktan Algılama Veri İşleme Sisteminin Tasarımını Etkileyen Beş Büyüklük.



Şekil 5.2. Veri İşleme Sistemi, Girdi Çıktı Alt Sistemi

Analiz Alt Sistemi:

1. Radyometrik dönüşümler.
2. Geometrik dönüşümler.
3. Veri gösterilişi.
4. Veri sıkıştırma.
5. Görüntü iyileştirme.
6. İstatistiksel analiz.
7. Kümeleme.
8. Özellik ayırımı.
9. Sınıflandırma.
10. Sonuçların gösterilişi.

5.4. Uzaktan Algılama Uygulama Projesinin Yürütülmesinde Anahtar Adımlar

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:

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

3. Proje planlama:

- a) Kullanılan veri toplama sistemi ve veri toplama frekansı.
- b) Referans verileri ve yersel gözlem gereksinimleri.
- c) Ön işleme gereksinimleri.
- d) Veri analiz prosedürleri.

4. Projenin gerçekleştirilmesi:

- a) Verilerin toplanması.
- b) Verilerin ön işlenmesi.
- c) Verilerin analizi.
- d) 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.

5.5. Uygulanabilecek Bazı Hidrolojik Modeller

Uzaktan algılama yeteneklerinin hidrolojik modellere uygulanabilmesi için yapılan çalışmalarda inceleme için şu modeller seçilmiştir. [24]

* (API) Antecedent Precipitation Index: Geçmişe ait yağış indeksleri.

* (NWSRFS) National Weather Service River Forecast System: Ulusal Havacılık Dairesi, Nehir Tahmin Sistemi.

* (STORM) Storage, Treatment, Overflow, Runoff Model: Su toplama, İşleyiş, Taşma, Akış Modeli.

* (SWM) Stanford Watershed Model IV : Stanford Havza Modeli IV.

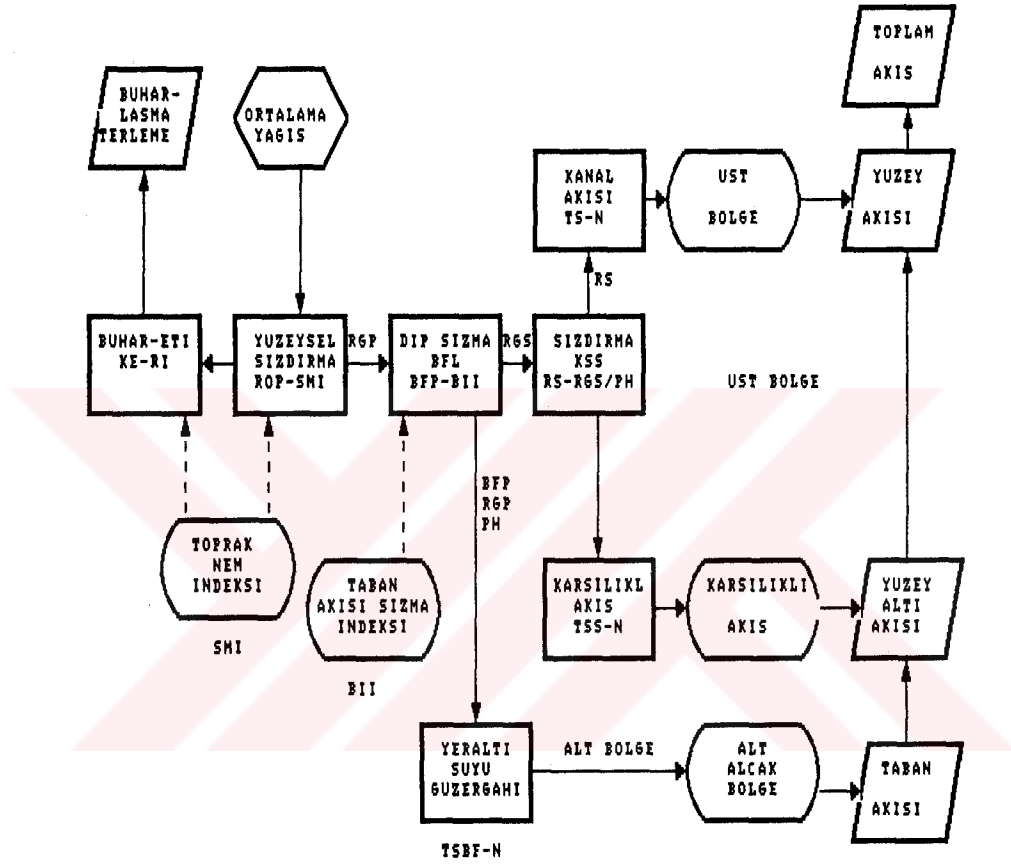
* (SSARR) Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation: Akıntı sentezi ve rezervuar düzenlemesi modeli.

Bunların dışında; (CREAMS) The chemical, Runoff and Erosion from Agriculture Management System Model, Ziraat Yönetim sisteminde kimyasal, akış ve erozyon modeli ve (NWSRFS) Snow Accumulation and Ablation model, Kar Yığılma ve Çıkarma modelleri ise daha önceden, hidrolojik modelleme için yoğun kullanıma sahip birer model olarak seçilmişlerdi.

1981'de NASA tarafından hazırlanan geçici bir raporda her model için ayrı bir şematik diyagram gösterilmiştir. Bu diyagramda girdiler, yöntemler, durumlar, karar noktaları ve çıktılar akış olarak belirtilmiştir.

5.5.1. SSARR Modeli

Aşağıda SSARR modelinin şematik diyagramı görülmektedir. (Şekil 5.3)



Şekil 5.3. SSARR Modelinin şematik diyagramı.

Lejant:

PH: Period length: Uzunluk periyodu.

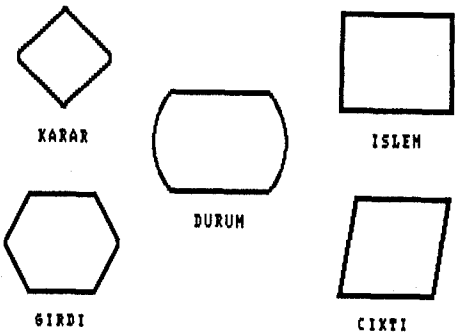
RGP: Generated runoff(%): Türetilmiş akış.

RGS: Generated runoff,surface: Türetilmiş akış,yüzeyde.

RI: Rainfall intensity: Yağış şiddeti.

RS: Surface runoff: Yüzey akışı.

WP: Weighted precipitation: Ortalama yağış.



SSARR Modelinde Parametreler:

- BFL: Base flow infiltration limit: Yeraltı akışı sızma limiti.
 BFP: Base flow percent: Yeraltı akışı yüzdesi.
 ETI: Evapotranspiration index: Buharlaşma indeksi.
 KE: Perfect effectiveness of ETI: Buharlaşma indeksinin etki yüzdesi.
 KSS: Limiting subsurface infiltration rate: Yüzealtı sızma limit değeri.
 N: Number of routing phases: Yüze, yüzealtı ve taban fazları numarası.
 ROP: Runoff percent: Akış yüzdesi.
 RS: Surface runoff percent: Yüze akışı indeksi.
 TS: Time of storage, surface flow: Yüze akışı için depolama zamanı.
 TSS: Time of storage, subsurface flow: Yüzealtı akışı için depolama zamanı.
 TSBF: Time of storage, baseflow: Taban akışı için depolama zamanı.

SSARR Modelinde Durumlar:

- SMI: Soil Moisture Index: Toprak nem indeksi.
 BII: Base flow Infiltration Index: Taban akışı sızma indeksi.
 PHASE STORAGE: Phase Storage: Depolama fazı. (Yüze, yüzealtı ve taban akışı)

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.

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.

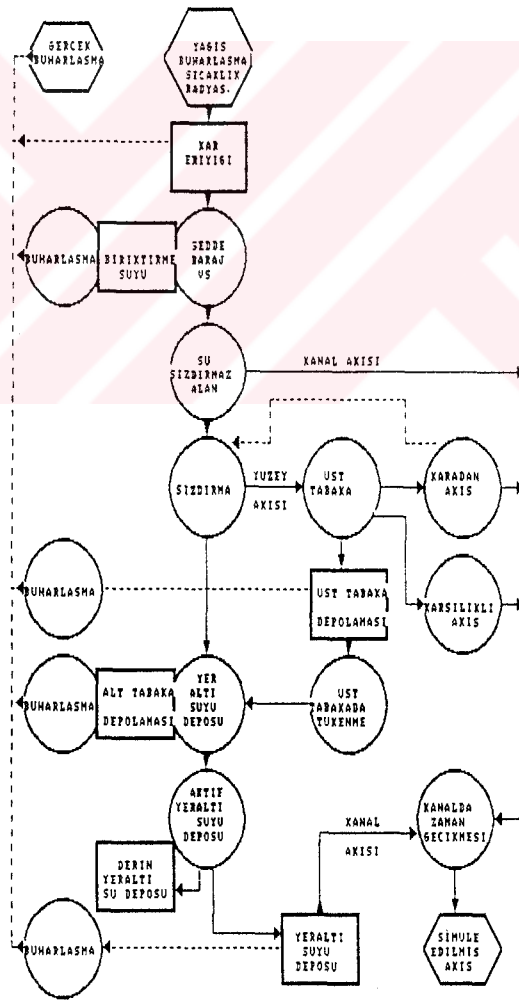
* İkincisi; modelin durumunu, gözlenmiş verileri içine alabilecek hale uyarlamak, güncelleştirmektir.

* 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 edilmesinin mümkün olduğu düşünülmektedir.

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

5.5.2. SWM IV Modeli

Bu arada SWM IV (Stanford Havza Modeli)'ni de görelim.(Şekil 5.4)



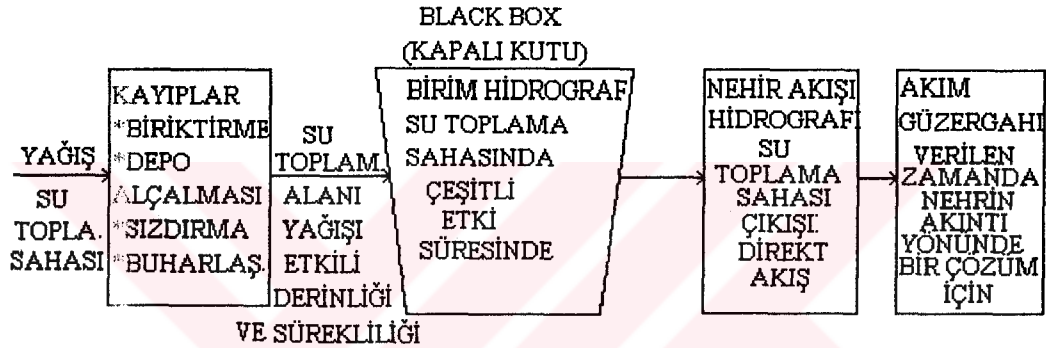
Şekil 5.4. SWM IV Stanford Watershed Model IV.

Parametreler, gözlenmiş (tarihi) datalar vasıtasıyla kalibre edilir.

Modelin gerçekçiliği;

- Verilere,
- Parametrelerin değerlendirilmesine,
- Model yapısındaki hataların kalıtsallığına, bağlıdır.

Bu arada hidrograf analizinde, girdi-çıkı ilişkilerini inceleyen kapalı kutu, "Black box model" inide inceleyelim. (Şekil 5.5)



Şekil 5.5. Black Box Model. (Kapalı kutu modeli)

5.6. Mevcut Modellerin Potansiyeli

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 kullanılabilir gözlemler yapılmadan önce gözlemlerin ölçeği ile eşleştirmektir.

Peck'e göre, hidrolojik modelleme ve uzaktan algılama konusunda şu temel sonuçlar mevcuttur: [24]

- Hidrolojik modeller, kendi mevcut şekilleriyle, uzaktan algılama bilgilerinin kullanımı için geçerli bir potansiyele sahip değillerdir.

b) Uzaktan algılama verilerinin kullanılışı, mevcut modellerde küçük değişimlerle mümkündür.

c) Uzaktan algılama için en büyük potansiyel; uyduların, pasif, mikrodalga algılarının, yüksek ayırımla ayırdedilmesidir.

d) Hidrolojik modelleme, yeni jenerasyon modellerin gelişmesiyle ya da yeni uzaktan algılama kabiliyetlerini kabul edebilen mevcut modellerin alt programlarıyla geliştirilebilir.

5.7. İkincil Faydalar

Hidrolojik modellemede, uzaktan algılamanın kullanılması ve gerçek-zaman işletme içinde değerlendirilmesi için kurulması gereken bilgisayara dayalı ve farklı kriterlerin birarada değerlendirileceği bir yer istasyonunun, işletme haricinde, erken uyarı sistemi içinde birtakım faydalar sağlayabileceği şüphesizdir.

Texas, Colorado Nehri'nde kurulan gerçek-zaman veri iletim ağındaki gibi, GAP havzasındaki nehir, kanal, göl, gölet ve benzeri su yapılarına konulacak erken uyarı cihazlarının ölçüm sonuçlarının, bir kontrol merkezine ulaştırılmasıyla gerçek-zamanda taşkın ötelemelerinin tahmini yapılarak uygun çözüm önerilerine en kısa zamanda ulaşılabilecektir. (Şekil 5.6) [19]

Bunun dışında, GAP Projesi içerisinde sulama kanallarının regülasyon tekniklerinin geliştirilmesi için önerilen teklifler de benzer sistem içinde düşünülebilir. (Şekil 5.7) [28]

5.8. Önerilen Sistem Modeli

Su kaynakları planlaması, istenilen amaçlar doğrultusunda ve öngörülen kriterler çerçevesinde su kaynaklarının en verimli kullanımını sağlayacak faaliyetlerin bütününe içine alır. Sözkonusu planlama içerisinde başlangıç olarak kabul edilen bir t zamanından ileriye yönelik olarak, mevcut verilerden de faydalanarak, ileriye dönük bir tahmin yeteneği için geliştirilen bir zaman ölçeği içinde, hedef olarak belirlenen noktaya ulaşmak için geçerli kriterler altında en uygun çözüm aranacaktır. Fakat unutulmaması gereken planlama sürecinin sürekliliğidir. Bu yüzden, geçen zaman dilimleri içinde, değişen şartlarda gözönüne alınarak ileriye dönük yeni tahminlerle planlama sürekli olarak yenilenmelidir.

Ancak karar aşamasında çok sayıdaki kriterin varlığı (ekonomik, sosyal, politik vs.) ve gerçek-zaman işletmede karar verme süresinin kısalığı (günlük, saatlik), sözkonusu tahminler için değişen (veya değişmeyen) verilere ait bilgilerin çok kısa bir

sürede elde edilmesi gerekliliğini ortaya koyar. İşte bu noktada önemi açığa çıkan uzaktan algılama teknolojisi ve bu teknolojinin kullanılmasıyla elde edilecek veriler, hem karar verme aşamasını, hem gerekli değişiklikleri yapmak için gerekli zamanı ve hemde kalibrasyonu hızlandırarak sistem optimizasyonunu önemli ölçüde kolaylaştıracaktır. Bu arada akla gelebilecek bir başka noktada, sözkonusu sistemin işlemesi için gerekli bilgisayara dayalı işletmede, ele alınması zorunlu çok sayıda konfigürasyonun birlikte düşünülmesi ve bunların bir bütünlük arzedecek tarzda uygulanmasıdır.

Planlama sürecinde;

a) Planlama veri tabanında; hidrolik ve hidrometeorolojik rasatlar, max. ve min. değerler, yeraltı suyu, jeoloji, topoğrafya, tarımsal özellikler, sosyal özellikler, ekonomik, mali, idari durumlar, mevcut tesislerin özellikleri, su ve enerji ihtiyacı vs. veriler.

b) t zamanı için yapılacak program seçiminde, sistem modellemesi, optimizasyonu ve simülasyonu, akımların analizi ve modellenmesi ile ekonomik analiz yapılır.

c) Planlama amacı içerisinde; hidroelektrik enerji temini, sulama, içme suyu temini, taşkından koruma, çevre koruma, akarsu taşımacılığı vb. konular bulunur.

Bu arada planlama için kullanılan zaman ölçeği de şu hali alır:

* Uzun süreli planlama : (Enerji, sulama, taşkından korunma vs.)

* Kısa süreli planlama : (Taşkın kontrolü, düşük akımların takviyesi vs.)

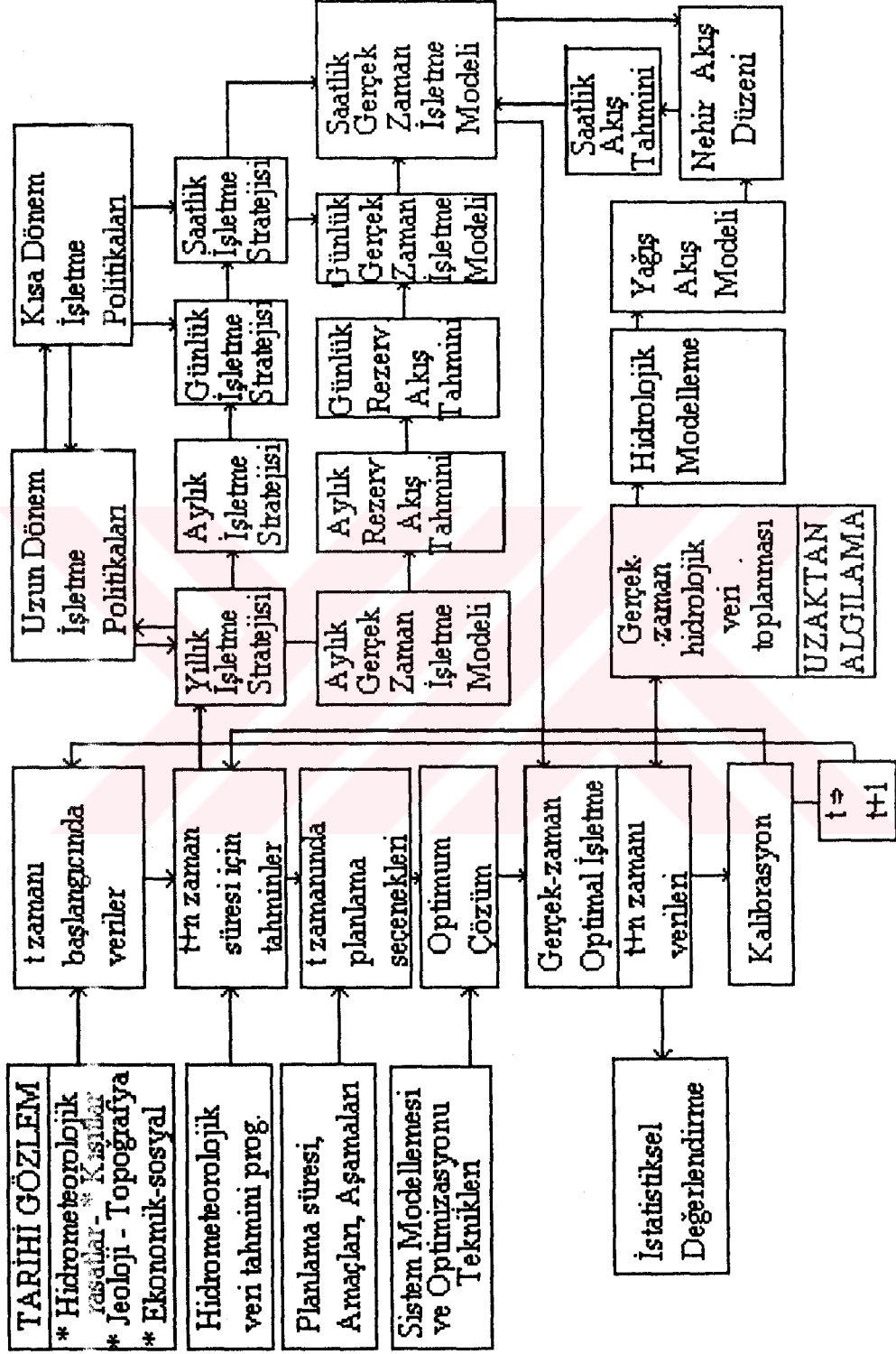
* Gerçek zaman optimal işletme : (Hedeflenen bütün amaçlar)

d) Planlama süreci kriterleri ise ekonomik, sosyal ve politik olabilir.

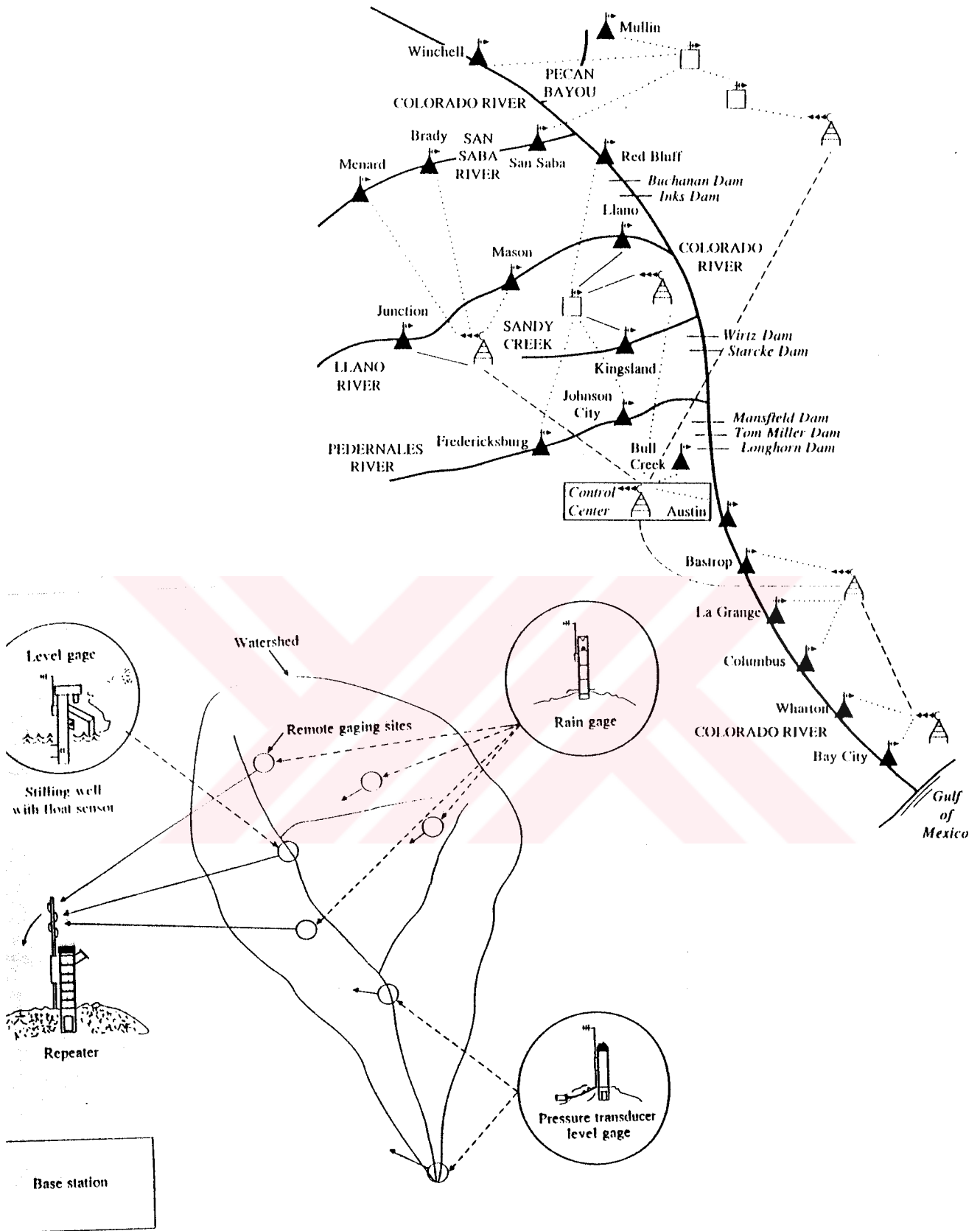
e) Planlanan alan ise Güneydoğu Anadolu Projesidir.

Özellikle hidrometeorolojik rasatlara ait verilerin bilgisayara aktarılması, rasat istasyonlarından elde edilen verilere ait elektronik sinyallerin bilgi merkezlerine aktarılması ve son olarak ta uydu verilerinin alıcı istasyonlara aktarılması işlemi büyük önem taşımaktadır.(Bu konu Bölüm 4.5'te ayrıntılı olarak ele alınmıştır.)

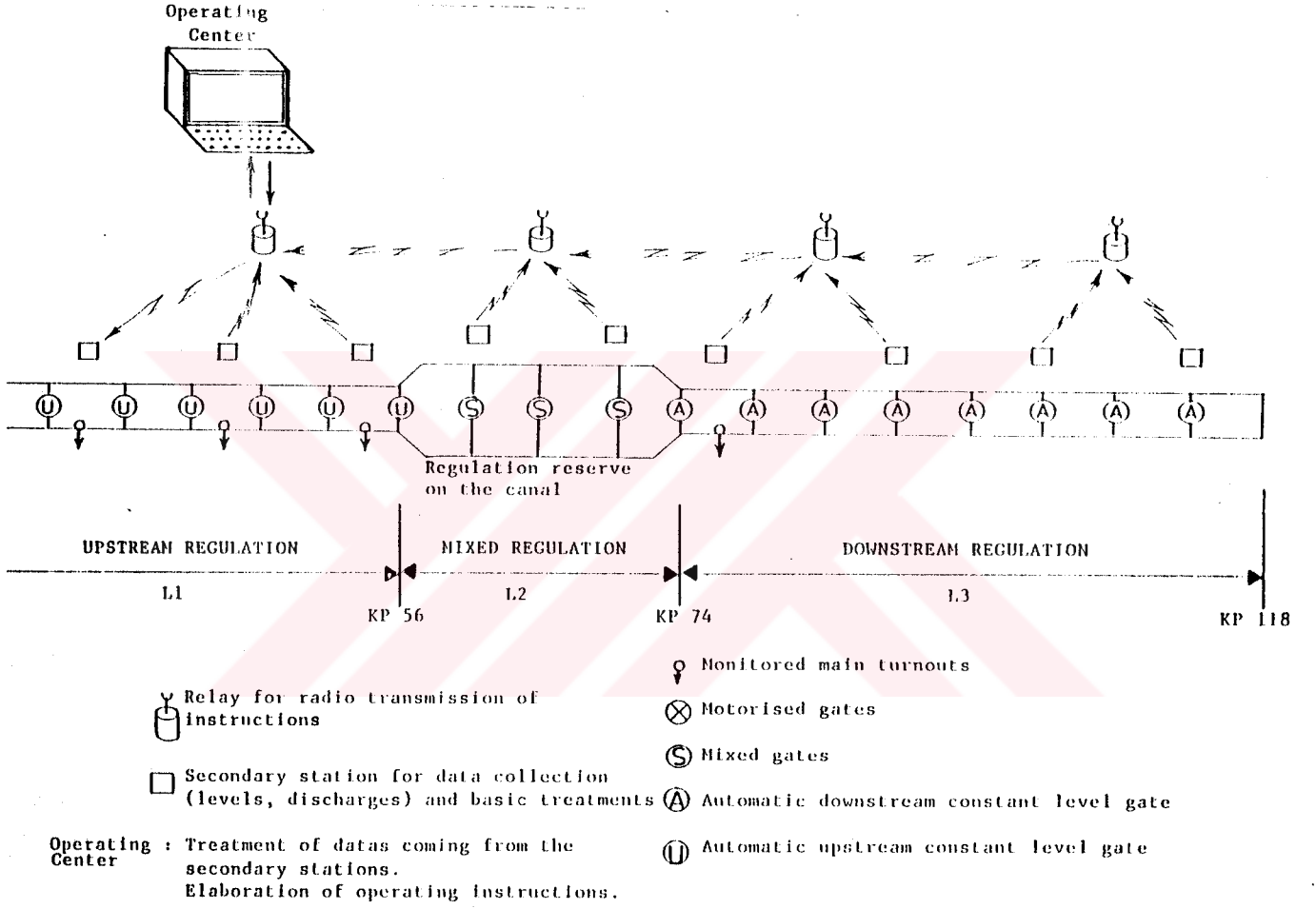
Önerilen bu sistem modeli nihayetinde, hedeflenen minimum zaman dilimleri sonucuda; sonuçlar değerlendirilecek ve kalibrasyon, istatistiksel değerlendirme ve yeni adımlar için yeni tahminler (son verilerle) yapılacaktır. (Tablo 5.1)



TABLO 5.1. Su Kaynakları Planlaması İçin Önerilen Sistem Modeli



Şekil 5.6. Texas, Colorado nehrinde kurulan veri iletim ağı.



Şekil 5.7. Harran Sulama Kanalları için önerilen regülasyon şeması

6. KONUNUN UYGULAMALARI

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) ülkemizin en büyük ve kapsamlı bölgesel projesi olup, sulama, hidroelektrik enerjisi üretimi, sanayileşme ve altyapı konuları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu projede sistemin gerçek zamanda optimal işletilmesini sağlayacak bilgisayara dayalı su kaynakları yönetim sisteminin kurulmasının getireceği büyük çaplı olumlu sonuçların gözden kaçırılması imkansızdır. Bu sebeple bu çalışmada, özellikle uzaktan algılama tekniklerinin hidrolojik modellemelerde kullanılması üzerinde durulacak ve sistem optimizasyonuna sağlayacağı katkılar gözden geçirilecektir. Öncelikle, düşünülen proje için bir açık laboratuvar durumunda olan GAP Projesinin tanınması ve bu konuya olan ihtiyaç irdelenecektir. (Şekil 6.2.)

Ülkemizin bugüne kadar gerçekleştirdiği en büyük proje olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Fırat ve Dicle Nehirleri üzerinde yapımı öngörülen barajlar, hidroelektrik santraller ve sulama tesislerinin yanısıra; tarım, ulaştırma, konut, sanayi, eğitim, sağlık ve diğer sektörleri de kapsayan ve Gaziantep, Şanlıurfa, Adıyaman, Siirt, Mardin, Batman ve Şırnak illerinde uygulanmakta olan bir entegre kalkınma projesidir. [13]

GAP, doğum tarihi olarak kabul edilen 1961 yılından günümüze gelinceye dek çeşitli aşamalardan geçmiştir. 1960'lı yıllarda Keban Barajı'nın yapılması konusunda çok tartışmalar çıkmıştır. [10] Daha sonra Dünya Bankasından kredi sağlanarak barajın inşaatı tamamlanmıştır. Bu barajın tamamlanması, Doğu Anadolu Kalkınma Projesinin ilk anahtarı olmuş ve bugünkü anlamda bir GAP'ın doğmasında da itici bir güç oluşturmuştur.

Bir yandan EİEİ Genel Müdürlüğü tarafından Keban Barajı ile ilgili etüd ve proje çalışmaları devam ederken, bir yandan da, Fırat üzerinde akım ölçüm sonuçlarından yola çıkılarak, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde nehir sularının kontrol altına alınıp değerlendirilmesi konusu gündeme gelmiş ve bu amaçla 1961 yılında DSİ X. Bölge Müdürlüğü bünyesinde "Fırat Havzası Planlama Amirliği" kurularak yoğun çalışmalar başlatılmıştır. [2]

Bu çalışmalar sonunda, bugünkü Keban Barajı ile Suriye sınırları arasında yer alan 13 adet sulama ve hidroelektrik üretimi amaçlı bir proje paketi hazırlanmıştır.

DSİ tarafından hazırlanan bu proje paketindeki projelerin temel hedefi, Keban'dan sonra inşa edilecek baraj ve santrallerle hem Fırat'ın enerji potansiyelinden yararlanmak, hem de tarihte Yukarı Mezopotamya olarak adlandırılan ve Ek (6.1)'de görülen büyük su potansiyelini Ek (6.2)'deki bereketli Güneydoğu Ovaları'na ulaştırmaktır. Bu hedefe ulaşmak için 1960'lı ve 1970'li yılların başı ve sonunda birkaç

kez projeler gözden geçirilmiş ve alternatif projeler üretilmiştir.[3], [4], [23], Nitekim bugünkü GAP'ın en önemli projelerinden olan Karakaya Barajı, Atatürk Barajı ve Şanlıurfa Tünelleri ile Sınır Fırat Projeleri olarak bilinen Birecik ve Karkamış Barajları bu alternatiflerin değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkmışlardır.Özellikle önce Karababa, sonra Yüksek Karababa ve daha sonra da Atatürk Barajı adını alan dev projenin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde yoğun çalışmalar ve değerlendirmeler yapılmıştır.

DSİ tarafından yürütülen bu "Aşağı Fırat Projesi"nin boyutu, 1970'li yılların sonunda genişletilerek, Dicle Havzası'nda bu kapsam içine alınmış ve 1980'lerden itibaren proje (GAP) "Güneydoğu Anadolu Projesi" olarak anılmaya başlanmıştır.

Bir yandan Karakaya Barajı'nın inşaatı sürerken, bir yandan da elde edilen yeni veriler ve koşullar doğrultusunda projenin bütünü üzerinde 1980 yılında son bir değerlendirme yapılarak GAP'ın temel ve alt proje bileşenleri belirlenmiştir.[5] Bu değerlendirmelerden sonra belirlenen Fırat ve Dicle Havzası, Su ve Toprak Kaynakları Geliştirme Projeleri, Şekil (6.3), Ek (6.3), Ek (6.4), Ek (6.5) ve Ek (6.6) 'de verilmiştir.

6.1. GAP Su Kaynakları Yönetim Politikaları

1980'li yılların başında, GAP kapsamında geliştirilen projelerin tamamlanması ve aşamalı da olsa inşaatına geçebilmesi için gerekli dış kaynağın sağlanmasında önemli güçlükler ortaya çıkmıştır. Ancak 1983'te kurulan Toplu Konut ve Kamu Ortaklığı İdaresi kanalıyla yeni finansman imkanları oluşturularak, başta Atatürk Barajı ve Şanlıurfa Tünelleri olmak üzere 22 baraj ve 19 hidroelektrik santralin planlama ve inşaatı hızlandırılmıştır.Bu arada GAP için proje bazında bir de uygulama programı hazırlanmıştır.Projenin halihazır durumu Ek (6.7) ve Ek (6.8)'de verilmiştir.

1983'lere kadar DSİ ağırlıklı olarak yürütülen ve temel amacı toprak ve su kaynaklarının belli projelerle değerlendirilmesi olan çalışmalar, Bölge'nin sosyo-ekonomik yapısı üzerinde oluşturacağı büyük etki dikkate alınarak 1984'te entegre bir planlama anlayışıyla toplam yatırım bedeli 21 milyar doları bulan bir "Entegre Bölge Kalkınma Projesi"ne dönüştürülmüştür.

1980'li yılların son yarısında bir yandan Türk insanının emek ve özverisiyle Atatürk Barajı, Şanlıurfa Tünelleri, Sulama sistemleri ve diğer projeler inşa edilmeye devam ederken, bir yandan da, projenin tanımlanan yeni boyutuyla uyumlu bir koordineli çalışma, yönetim ve proje esaslarını belirleme yaklaşımı içine girilmiştir.Bu düşünceden hareketle Nisan 1989'da tamamlanan GAP Master Planında, proje için

değişik kalkınma senaryoları üzerinde durulmuş ve bunların herbirinin beklenen performansları verilmiştir.

Ayrıca "Bölgesel Kalkınma Hedefleri" saptanmış ve "öncelikli sulama ve hidroelektrik enerji projeleri" belirlenmiştir. Bütün bu çalışmaların sonunda, tüm sektörleri içine alan bir "GAP Bölgesi Master Plan Projeleri" paketi hazırlanmış ve yeni bir "Proje Yönetim Modeli" önerilmiştir.

6.2. GAP'ta Temel Sorunlar ve İşletme Hedefleri

GAP, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki Gaziantep, Ş. Urfa, Diyarbakır, Adıyaman, Mardin, Siirt, Batman ve Şırnak'tan oluşan sekiz ilimizin içinde yer aldığı, yaklaşık 74.000 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Şekil (6.3) Beş milyon civarında nüfusun barındığı bu bölgedeki su ve toprak potansiyeli çok yüksek olmasına karşın, sosyal ve ekonomik yapının, Türkiye ortalaması dikkate alındığında zayıf olduğu (Ek.6.2) ve bölgede çok önemli temel sorunların var olduğu görülür. Şekil (6.1)

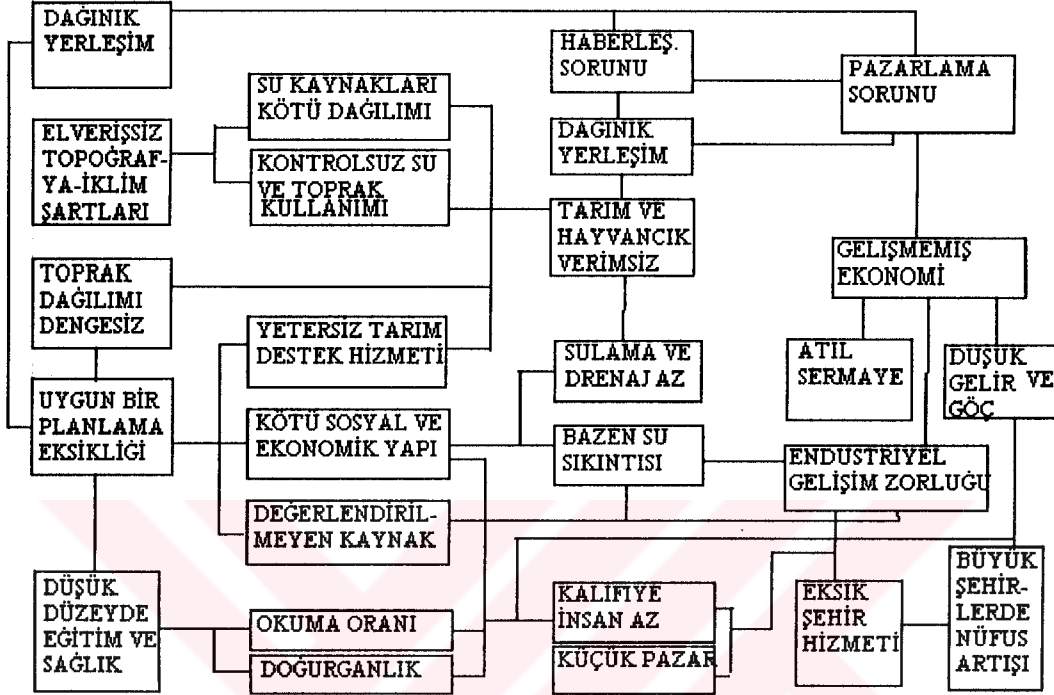
İşte bu veriler, GAP'ın fiziksel boyutu yanında sosyal, kültürel ve ekonomik boyutunun da çok büyük önem taşıdığını göstermektedir.

Sulama, hidroelektrik enerji üretimi, sanayileşme ve altyapı konuları üzerinde yoğunlaşan ve 1.7 milyon hektar sulama alanı ile 27 milyar kW-saat hidroelektrik enerji amaçlı GAP entegre bölgesel kalkınma planlaması içinde şüphesiz optimal planlama ve kontrolle ilişkin entegre ve otomasyona dayalı bir "su kaynakları planlama ve yönetim sistemi" oluşturulması hedefi kaçınılmazdır.

GAP çerçevesindeki Fırat ve Dicle havzalarında hidrolojik modelleme ve hidrometeorolojik 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 gerçekleştirilecektir.

Daha sonra, geliştirilen bu entegre su kaynakları planlama ve yönetim sistemi yardımıyla, GAP çerçevesinde su kaynakları kullanımını düzenleyen tesislerin, öngörülen amaç ve kriterler doğrultusunda ve değişik gelişme aşamalarındaki konfigürasyonları için, optimal çözümler elde edilecek ve değerlendirilecektir.

Tablo 6.1. GAP Bölgesinde Temel Sorunlar



Bu arada hidrolojik çevrim olayının GAP kapsamındaki akarsu havzaları için modellenmesi ve buradan yağış-akış ilişkilerinin modellenmesine geçilmesi, nehir akımlarının modellenmesi, nehir ve rezervuarlarda akım öteleme modelleri geliştirilmesi ve hidrometeorolojik tahmin yeteneği sağlayacak modellerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmalara ilişkin tanımlar ve kullanılması düşünülen uzaktan algılama teknolojisi ile ilgili bilgiler, tezin ileriki bölümlerinde incelenecektir.

GAP'ın işletme hedefinin, kaynakların verimli kullanılması faydasının yanısıra, ekolojik dengede etkin kontrol, yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve modern bir yapı oluşturulması düşüncesi olduğu unutulmamalıdır. [25]

ŞERHİ GÜNCELLENEN ANADOLU PROJESİ



GAP BÖLGE KALKINMA İDARESİ BASKANLIĞI GAP REGIONAL DEVELOPMENT ADMINISTRATION 1/2.250.000

25 0 25 50 75
ha (brüt)

Proje Adı	ha (brüt)
DICLE - KRAL KIZI PROJESİ	126080
BATMAN PROJESİ	37744
BATMAN SILVAN PROJESİ	257000
GARZAN PROJESİ	60000
CIZRE PROJESİ	121000
A. Silopi Sulamaları	32000
B. Nusaybin - Cizre - İğli Pam Sul.	39000

Proje Adı	ha (brüt)
AŞAĞI FIRAT PROJESİ	706281
A. Urfa - Harran Sulamaları	141835
B. Mardin - Ceylanpınar çarşaba Sulamaları	185639
C. Mardin - Ceylanpınar Pompa Sul.	149000
D. Siverek-Hikvan - Pompa Sul.	140105
E. Bozova Pompa Sulamaları	89702
SURUÇ - BAZIKI PROJESİ	146500
ADİYAMAN - KAHTA PROJESİ	77824
A. Çangazlı Sulamaları	6536
B. Diğer Sulamalar	71988
ADİYAMAN - GÖKSU - ARABAN PROJESİ	71598
GAZİ ANTEP PROJESİ	89000
A. Hancoguz Sulamaları	7330
B. Kayacık Sulamaları	13680
C. Kemim Sulamaları	1969
D. Diğer Sulamalar	66021

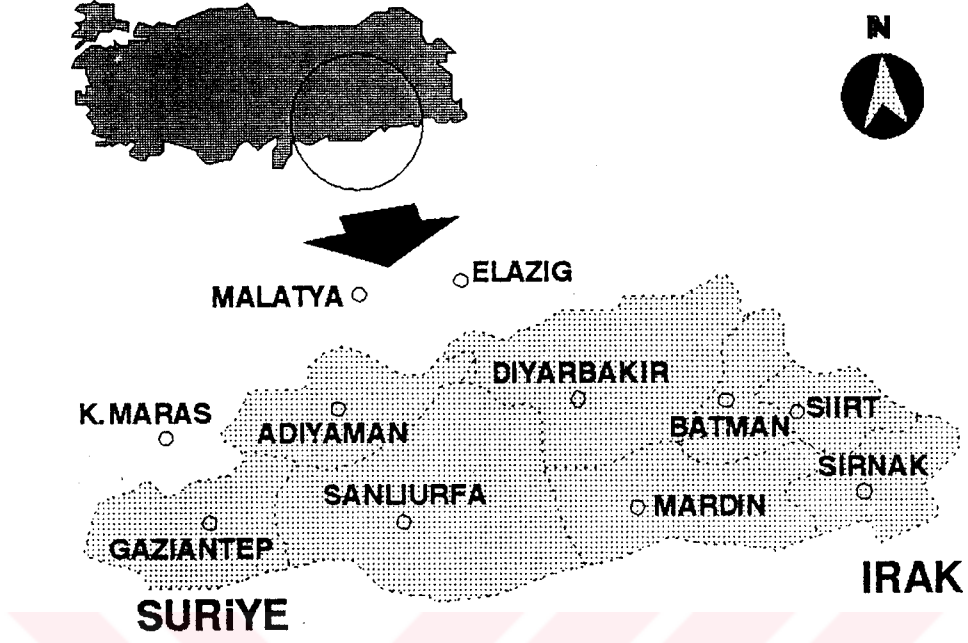
Proje Adı	ha (net)
MEVCUT SULAMALAR	80010
Hacıhalil Sulamaları	7080
Silopi - Nerduş Sulamaları	2740
Besni - Keaysun Sulamaları	2400
Nusaybin Sulamaları	7500
Devegöçü Sulamaları	7500
Silvan Sulamaları	3790
Ceylanpınar YAS Sul. (İkterçerçesi)	27000
Akkacale YAS Sulamaları	15000
Suruç YAS Sulamaları	7000
İNŞA HALİNDEKİ SULAMALAR	9142
Cınar - Gökusu Sulamaları	3582
Garzan - Kozluk Sulamaları	3700
Derik - Dumlucua Sulamaları	1840

Proje Adı	ha (net)
MEVCUT SULAMALAR	80010
Hacıhalil Sulamaları	7080
Silopi - Nerduş Sulamaları	2740
Besni - Keaysun Sulamaları	2400
Nusaybin Sulamaları	7500
Devegöçü Sulamaları	7500
Silvan Sulamaları	3790
Ceylanpınar YAS Sul. (İkterçerçesi)	27000
Akkacale YAS Sulamaları	15000
Suruç YAS Sulamaları	7000
İNŞA HALİNDEKİ SULAMALAR	9142
Cınar - Gökusu Sulamaları	3582
Garzan - Kozluk Sulamaları	3700
Derik - Dumlucua Sulamaları	1840

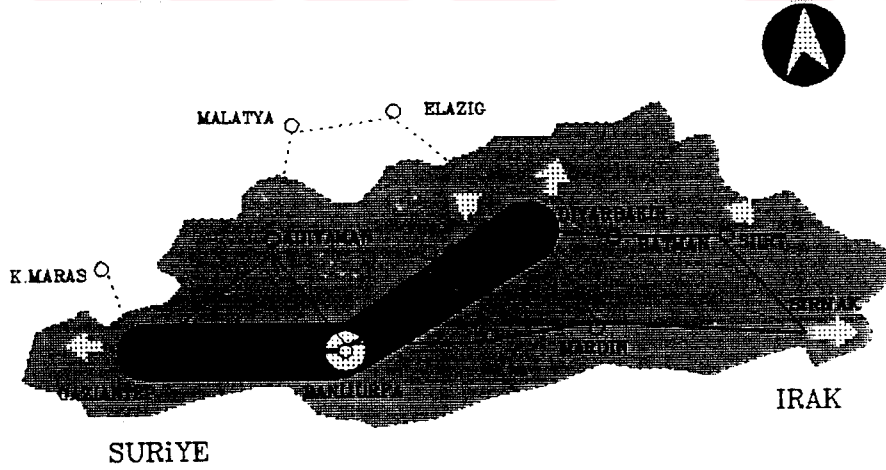
Kaynak : Harita Genel Komutanlığı 1/500.000 Ölçekli Haritaları;
DSİ'nin 1.7.1994 Tarihli Güneydoğu Anadolu Projesi Gelişim Planı

HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI 1995

© HER HAĞKI SAKLIDIR



Şekil 6.2. GAP Bölgesinin Türkiye'deki Yeri



Şekil 6.3. GAP Kırık Gelişme Aksı

6.3. GAP İdaresinin Projeleri

Bölgede halihazırda çalışmalarını sürdüren GAP BKİ'de bu alanda iki çalışma başlatılmıştır.

a)GAP Coğrafi Bilgi Sistemi: 1995 yılı proje programına alınan çalışma hakkında özet bilgi şöyle sıralanabilir:

" Projenin Adı :GAP Coğrafi Bilgi Sistemi

Projenin Amacı :Güneydoğu Anadolu Projesi ile ilgili planlama, uygulama, izleme ve değerlendirme amaçlı bütün faaliyetlere ait sözel, sayısal ve grafik bilgilerin derlenip işlenerek bu faaliyetlere ait kararların hızlı ve etkin olarak verilmesini sağlayacak bilgisayar destekli bir bilgi sisteminin kurulmasıdır.

Projenin Kapsamı : GAP Projesinin kapsadığı alan ve bu alana ait bütün sektörlere ait mekansal bazdaki tüm sosyal ve ekonomik bilgilerin çokluğu, çeşitliliği ve büyüklüğübir seferde bütün bu faaliyetlerin kapsanabileceği, yazılım ve donanım satın alınması da dahil olmak üzere bir GAP GIS'in kurulabilmesini, yönetilebilmesi ve işletilmesini zaman ve kaynak açısından imkansız hale getirmektedir. Bu amaçla GAP GIS çalışmasının kapsamı aşağıda sıralanan konuların irdeleneceği bir fizibilite çalışması sonucu belirlenecektir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi Coğrafi bilgi sistemince kapsanabilecek konular:

- Bölge harita altyapısı
- Bölge topoğrafyası
- Bölgesel ölçekteki arazi kullanımı
- Bölgesel altyapı
- Kırsal ve kentsel altyapı
- Kentsel altyapı plan, projeleri ve uygulamaları
- Bölge su ve toprak kaynaklarının izlenmesi
- Kuru ve sulü tarım alanlarının ve mevcut ürün deseninin saptanması ile tarımsal arazi kullanımının belirlenmesi ve bu konularla ilgili kararların alınması, izlenmesi ve kontrolü.

Başlangıç ve bitiş tarihi: 1995-1996

Proje maliyeti : 2 milyon ABD Doları

1995 Yılı Ödeneği : 1 milyon ABD Doları "

GAP İdaresi, Harita Genel Komutanlığı, TÜBİTAK, DİE ve GAP İdaresi uzmanlarından oluşan bir komisyon ile bu çalışmayı yürütecek ve kontrol edecektir. [9]

b) GAP Bölgesi'nde Optimum Su İşletimi ve Erken Uyarı Sistemi Kurulması: Bu çalışma hakkındaki proje tanıtım bilgilerini şöyle sıralayabiliriz.

"Projenin Adı : GAP Bölgesi'nde Optimum Su İşletimi ve Erken Uyarı Sistemi Kurulması

Projenin Amacı : Radar - yağış ölçer - nehir su seviyesi ölçer ve uydu birleşik sistemi ile bölgede daha sağlıklı su işletimi sağlamak; kısa vadede tahminlere dayalı erken uyarı sistemi geliştirerek ekstrem yağış ve akış olaylarının verebileceği zararları en aza indirmek; tarımsal amaçlı çalışmalarda optimum su ihtiyacını zaman ve uzay boyutunda belirlemek sureti ile daha verimli bir sulama sistemi sağlamak üzere bir fizibilite çalışması yapılmasıdır.

Projenin Kapsamı : GAP Bölgesinde ihtiyaç duyulacak yer alıcı sistemleri, hava radarları , otomatik yağış ve nehir su seviyesi ölçerleri ve karla kaplı alanların uydu ile izlenmesine dayalı yağış alanları ölçüm, tahmin ve erken uyarı sistemlerinin belirlenmesi ve bu sistem dahilinde ölçüm aletlerinin yer seçimlerinin yapılması.

Başlangıç ve bitiş : 1995 -1996

Proje maliyeti : 1 milyon ABD Doları " [9]

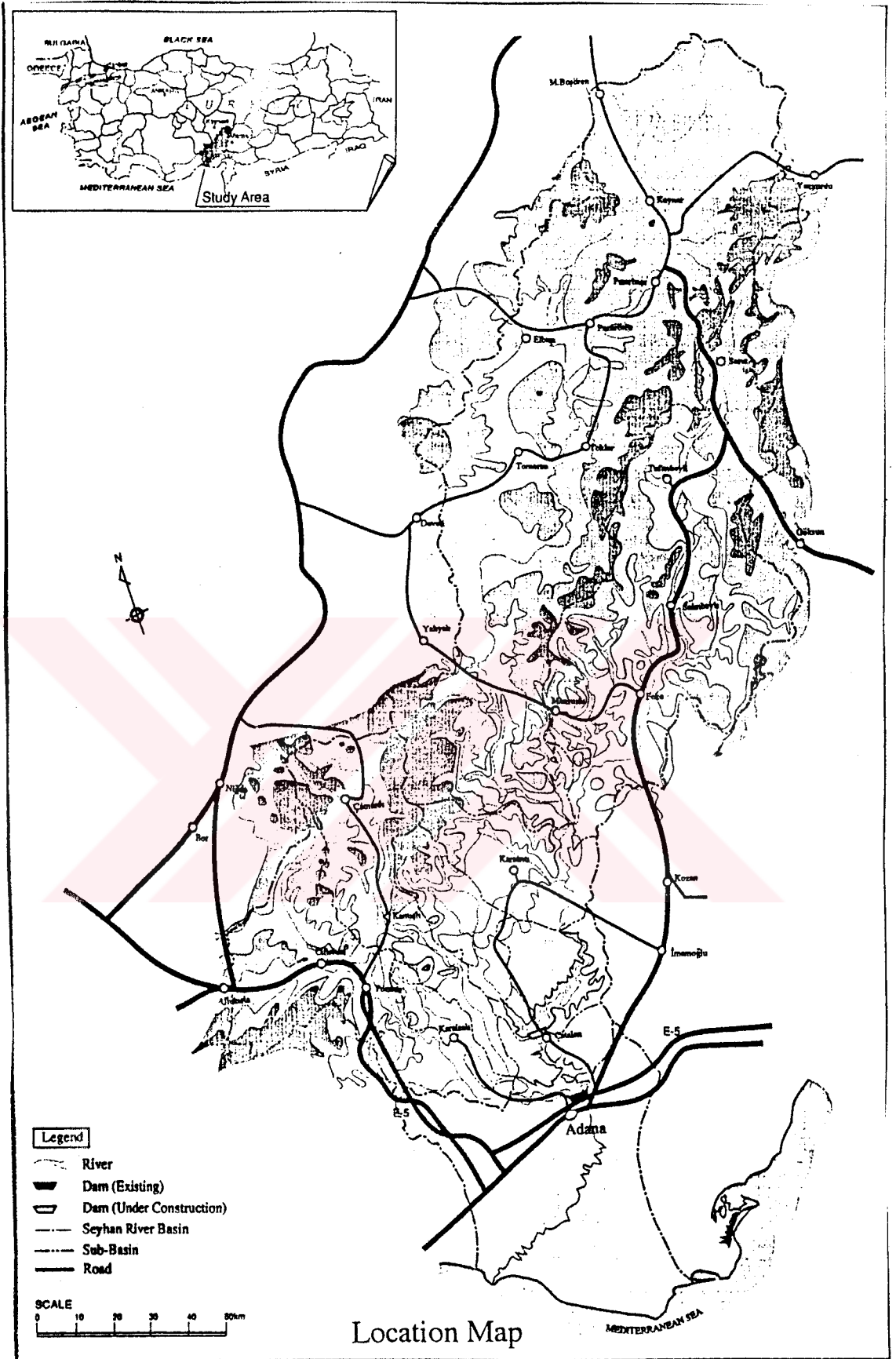
Proje meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından önerilmiş olup, taslak iş tanımı hazırlanmıştır.

6.4. DSİ Tarafından hazırlattırılan Seyhan Projesi

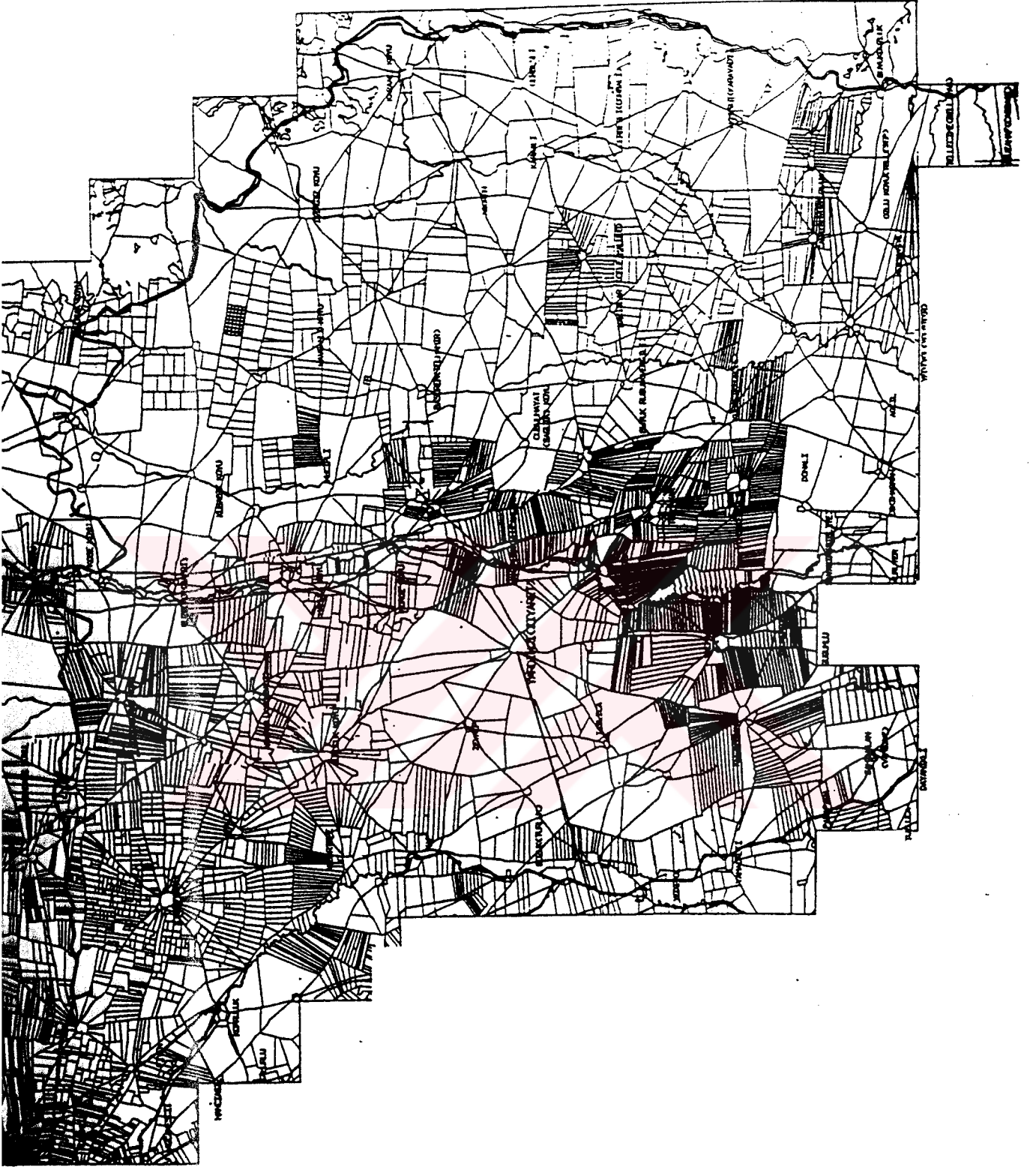
Bunun dışında, Seyhan Nehri için Japon Nippon KOEI firması tarafından DSİ Genel Müdürlüğü için hazırlanan "taşkın kontrolü, tahmin ve erken uyarı sistemi" konulu çalışma gündemdedir.(Şekil 6.4) [7]

6.5. GIS Uygulamaları

NATO tarafından 1994 yılında Budapeşte'de yapılan "Taşkından korunma ve Taşkın Ovalarının Yönetimi" konulu toplantıda özellikle GIS (Geographic Information Systems) üzerinde durulmuş ve önemi belirtilmiştir. (Bölüm 7.4)'te detaylı olarak bahsedeceğimiz GIS uygulamaları ile ilgili olarak elimizde bazı yerli uygulamalar da mevcuttur.(Şekil 6.5) [17]



Şekil 6.4. Taşkın kontrolü ve erken uyarı sistemi düşünülen Seyhan Havzası



Şekil 6.5. Şanlıurfa Harran Zirai Alan Konsolidasyonu

7. BİLGİSAYAR VE UZAKTAN ALGILAMA

7.1. Bilgisayar ve Uzaktan Algılama

" 21. yüzyıla yaklaştığımız şu günlerde önümüzdeki çağın bilgisayar teknolojilerinin büyük oranda uygulama bulacağı bilişim bilişim çağı olacağı şimdiden ortaya çıkmıştır. Dünyada ulusal sınırlar tanımayan bir globalleşme başlamış ve ülkeler geleceğe dönük plan ve programlarını yapabilmek için çok değişik kaynaklardan elde edilen yoğun verilere gereksinim duymaya başlamışlardır. Ulusal sınırlar dışına da taşabilen bu verilere güncelliğini kaybetmeden hızla ulaşabilmek ve doğal olmayan olayları sürekli olarak izleyebilmek bakımından yeni arayışlar içinde olunulmuştur. Bu bağlamda gelişen bilgisayar teknolojisine paralel olarak uzay teknolojileri gelişmiştir.

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.

Cisimlerden yayılan dalga uzunluğu nanometreden kilometreye kadar uzanan geniş bir spektrumda dağılan elektromagnetik ışınımın nitelik ve nicelik olarak algılanması ile cisimlerle direkt temas olmaksızın cisimlerin özelliklerinin uzaktan ortaya konması şeklinde tanımlanan uzaktan algılama, pasif fotografik algılama ortamına kadar değişen geniş bir yelpazede veri elde edilmesine imkan tanır. Uydulardan yapılan algılamada olduğu üzere ülke sınırları tanımaz. Bu sınır tanımayan özelliği ile de uluslararası boyutlardaki çevre sorunlarının ortaya konması, sınır ötesi ürün durumunu gözlemleyerek ulusal iktisat politikalarının oluşturulması yönünde büyük yarar sağlar. En çarpıcı uygulama örneği olarak yakın bir geçmişte büyük bir insanlık dramının yaşanmasına neden olan Rusya'daki Chernobil nükleer santralında meydana gelen yangın ilgili devletin bütün saklama çabalarına karşılık ulusal sınırlar tanımayan uydulardan elde edilen uzaktan algılanmış verilerle belirlenmiş ve kamuoyu zamanında uyarılmıştır.

Arazi kullanım haritalarının hazırlanması, jeolojik yapının incelenmesi ve haritalanması, kentleşme olgusunun, su havzalarının durumunun izlenmesi, maden araştırılması ve meteorolojik çalışmalar gibi daha birçok uygulama olanağına sahip uzaktan algılama çalışmaları bilgisayar teknolojisinin gelişmesine bağlı olarak büyük gelişme göstermiştir. 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 düşünülürken 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.

Kısaca 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." [21]

7.2. Uzaktan Algılama İçin Uygun Paket Program Düşüncesi

Arccad: En yaygın coğrafi bilgi sistemi olan GIS'i yine en yaygın bilgisayarlı dizayn ve çizim yazılımı olan CAD ile birleştiren bir programdır.

- Parselasyonla düşük kotlu arazileri kesitirerek hangi parsellerin taşkın riski altında olduğunu belirler.

- Yol bakım ve acil onarım servisleri için yeraltı tesislerinin yerleşim yerlerinin belirlenmesini sağlar.

- Planlama ve imalat safhalarında keşiflerin revize edilmesine olanak sağlar.

- Yol görüş olanaklarının belirlenmesini sağlar.

- Su şebekelerinin modellenmesi programla yapılabilir.

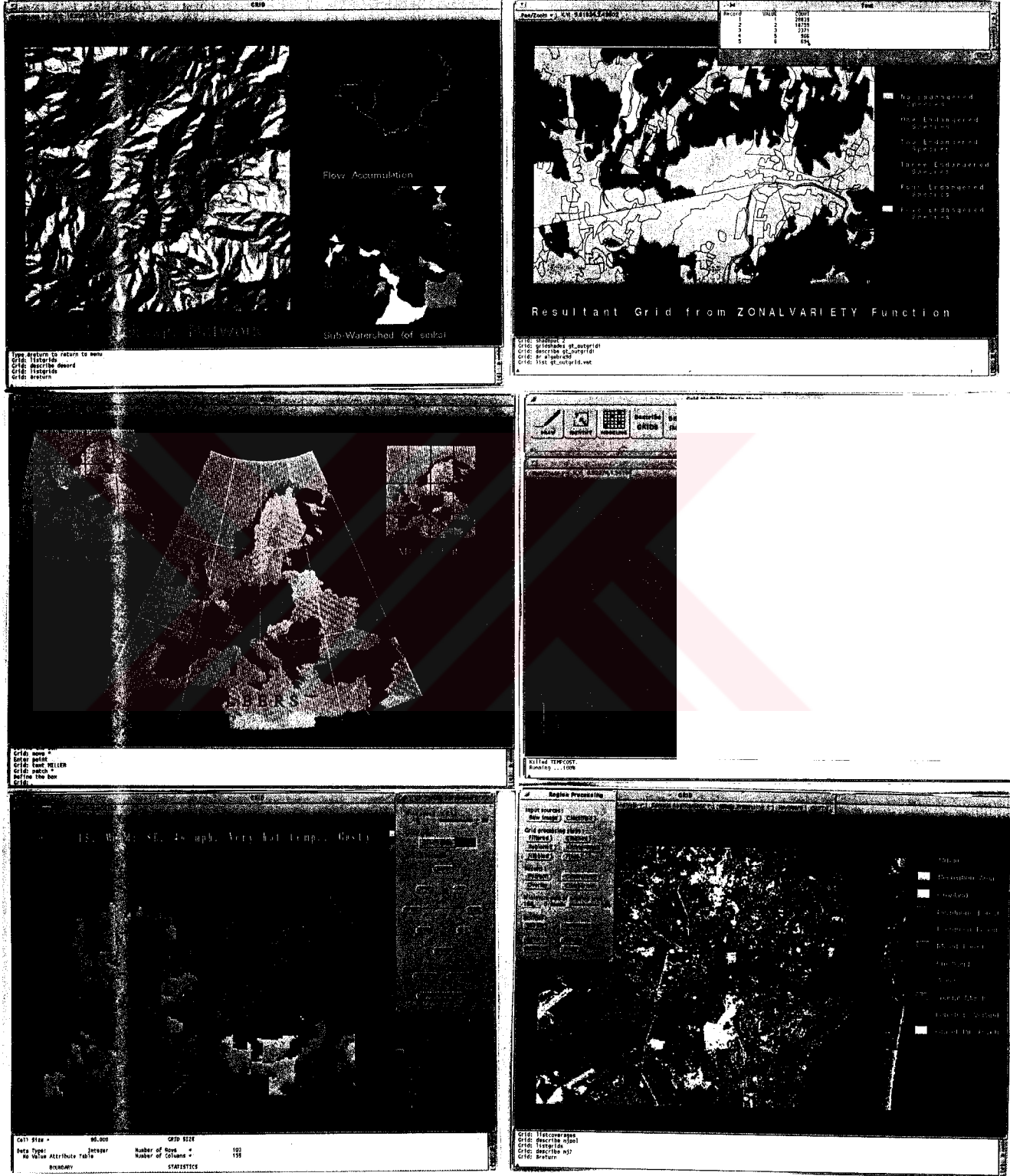
- Baraj, yol gibi projeler için deprem fay tarihçelerinin gözönüne alınmasını mümkün kılar.

Bu yazılım tarafından üretilen veri tabanları ARC/INFO ve ARCVIEW tarafından görüntülenebilir. (Şekil 7.1) [11]

ARCVIEW: Workstation, PC ve Macintosh'larda çalışan bu yazılım bilgisayar ve GIS eğitimine gerek olmadan tüm kullanıcılar tarafından coğrafi veri tabanlarına erişim sağlamaktadır. Vektör ve raster kökenli coğrafi veri tabanlarından grafik ve grafik olmayan veri sorgulama olanağı veren bu yazılım çok düşük maliyetlidir.

ARC/INFO: ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.) dünyada ilk olarak geliştirilmiş veri tabanı temelli güçlü ve esnek yapıya sahip coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır. Bunun bir özelliği, sayısal harita sistemlerinin geleneksel kartografik yapılarını ilişkisel veri tabanı yönetim sistemleri etrafında kurulmuş olan güçlü analiz sistemleri ile entegre edebilmesidir. Bu yazılım, haritaları ve tablosal verileri ortak bir

mekansal veri tabanında bütünler. Bu verilerden, kullanımı kolay yazılım dilini öğrenirken kısa zamanda yüksek kartografik nitelikli haritalar, karmaşık analizler ve sorgulama yapılabilir. [12]



Şekil 7.1. ARCCAD Uygulamaları İçin Örnekler.

7.3. Uzaktan Algılamada Mikrobazlı Yazılım

"Uydulardan elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle çıkan sonuçlar, yeryüzünün araştırılmasına büyük katkı sağlamaktadır. Bu katkının sağlanmasında insan faktörü yanında bilgisayarlar da büyük önem taşımaktadır. Bilgisayarların önemi, gerek verilerin işlenmesine büyük hız kazandırmasında, gerekse çok büyük bir veri hacmini depolama olanağını sağlamasında yatmaktadır. Bu noktada, bilgisayarların tipi, belleği ve hızı ile, uzaktan algılama verilerinin işlenişi arasında bir bağıntı bulunmaktadır. Benzer şekilde, uzaktan algılama ile ilgili yazılımlarda da, işletim sistemleri, CPU ve hız gibi faktörler çok önemli rol oynamaktadır.

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." [20]

7.4. GIS Hakkında

GIS (Geographic Information Systems=Coğrafi Bilgi Sistemler): Karma planlamaların ve işletim problemlerinin çözümü için elde edilen verilerin değerlendirilmesinde analiz, modelleme, uyarlama ve manipülasyonlar için dizayn edilmiş donanım, yazılım ve işlemler sistemidir.

GIS, dünyamızda gittikçe önem kazanan bir sistem olup, topoğrafyadan, arazi kullanımı, karalar, hidroloji, parselasyon vesaire gibi çeşitli alanlara kadar geniş bir kapsama alanına sahip bir kolaylıklar dizinidir.

GIS, basit bir haritalama programı değildir. Bununla beraber, bütün coğrafi bilgiler haritalardan ve dolayısıyla bu sistemden elde edilemez. Ancak yazılım ve donanım sistemleri ile söz konusu alanlarda öncelikli bir sistemdir. [1]

8. SİSTEMİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SONUÇLAR

"Sistemin gerçek-zaman optimal işletilmesi, esas olarak kısa süreler için (saatlik, günlük) geçerli olacaktır. Elde edilen tahminlerin güvenilirliği ile gerçek-zaman işletme süresi (operation horizon) arasında yakın bir bağlantı olduğundan bu sürenin uzunluğu bir ölçüde hidrometeorolojik tahmin yetenekleriyle ilişkilidir. Diğer taraftan gerçek-zaman işletme modelinin kullanım amacının da seçilen zaman boyutu ile ilişkili olacağı belirtilmelidir. Taşkın kontrolü amaçlı bir gerçek-zaman işletmede, saatlik bir zaman boyutunun aşılması beklenemez; fakat enerji ve/veya sulama amaçlı işletmelerde ise günlük (hatta daha uzun) bir zaman boyutu yeterli olabilecektir. Ayrıca, kısa süreli gerçek-zaman işletme modelinde, seçilen zaman boyutuna bağlı olarak bölgesel yağışlardan kaynaklanan bir hidrografın veya işletme kararları sonucunda barajlardan bırakılacak debilerin akarsu yatağı boyunca ve akarsu üzerindeki rezervuarlarda ötelenmesinin etkileri de dikkate alınacaktır.

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 umulmaktadır.

Bu çalışma içinde öngörülen çerçevede, 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.

Bu çerçevede, kaynakların en verimli kullanımının sağlayacağı ekonomik fayda yanında, çevre koşulları ile ekolojik denge üzerindeki etkin kontrol, ülkemize çok yönlü katkıları olacak yeni teknoloji ve yöntemlerin özümsemesi ve geliştirilmesi ve ileride değişen şartlar altında sürekli yenilenecek planlama faaliyetleri için dinamik ve güncelliğini kaybetmeyen bir yapı oluşturulması büyük önem taşımaktadır." [25]

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.

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

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

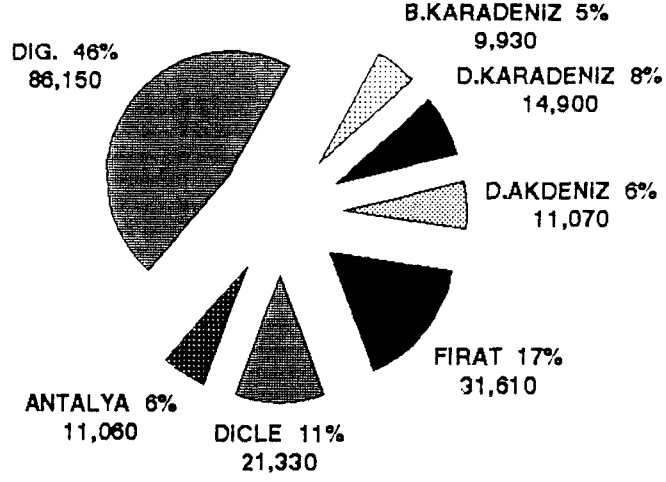


KAYNAKLAR

- 1- ANONYMOUS, 1992. Why GIS,ARC News, Vol.11, No.3, Environmental System Research Institute, New York Street, Redlands, USA. p.1
- 2-ANONYMOUS, 1963. Fırat Havzası Muhtemel Gelişme Planı, DSİ X. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- 3- ANONYMOUS, 1966. Aşağı Fırat Projesi İstikşaf Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- 4- ANONYMOUS, 1978. Yüksek Karababa Barajı ve HES Özet Planlama Raporu,DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- 5- ANONYMOUS, 1980. Güneydoğu Anadolu Projesi, DSİ Genel Müdürlüğü,Ankara.
- 6-ANONYMOUS, 1987. Akım Gözlem Yıllığı, DSİ Genel Müdürlüğü,Ankara.
- 7-ANONYMOUS, 1994. Feasibility study on Flood control, Forecasting and Warning System for Seyhan River Basin, Draft Final Report, Nippon Koei Co. Ltd., DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- 8- ANONYMOUS, 1993. EOSAT NOTES, Volume 8.,Number 3/4- Fall/Winter, Eosat Comp. Maryland, USA.pp.14
- 9- ANONYMOUS, 1995. Proje Çalışmaları,GAP Bölge Kalkınma İdaresi, Ankara. 14-26
- 10- ANONYMOUS, 1962. Keban Barajı ve Aşağı Fırat Kalkınma Projesi Araştırma Heyeti Raporu, EİEİ Genel Direktörlüğü, TBMM, Ankara.

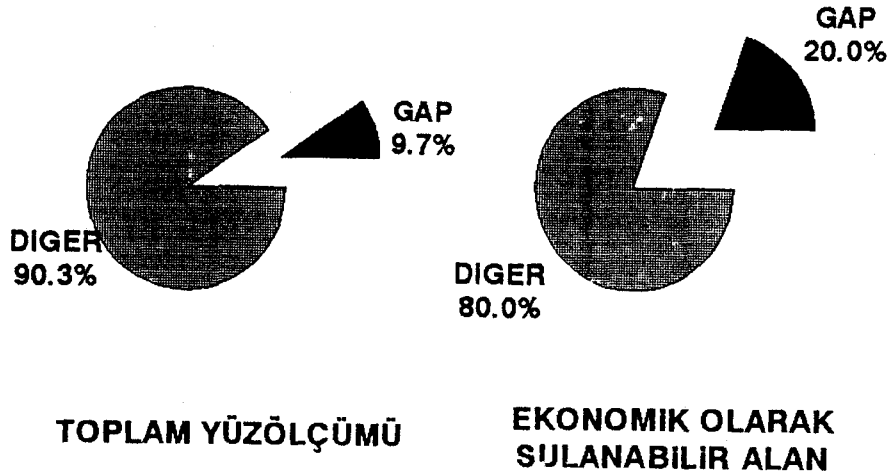
- 11- ANONYMOUS, 1994. İnşaat Mühendisliği Alanındaki Yazılımlar, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı:372. p.65-66
- 12- ANONYMOUS, 1994. The Remote Sensing and GIS Projects Undertaken, ISLEM GIS, G.O.P. Ankara.
- 13- AVCI, İ., 1991. Güneydoğu Anadolu Projesinin Tarihsel Gelişimi, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, XI Teknik Kongresi, İstanbul
- 14- BAYAZIT, M., 1994. Simülasyon, İTÜ İnşaat Fak. İstanbul.
- 15- BAYAZIT, M., 1994. Sentetik Hidroloji, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- 16- ENGMAN, Edvin T., 1986. Hydrologic Research Before and After AgRISTARS, IEEE, Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. GE 24, No.1, USA. pp.6
- 17- GAYER, J., 1994. Defence From Floods and Floodplain Management, NATO, Budapest.
- 18- LEAF, C.F., 1969. "Aerial photographs for operational streamflow forecasting in the Colorado Rockies", in Proc. 37th Western Snow Conf. (Salt Lake City)
- 19- LINSLEY, Applied Hydrology, Hydrologic Measurement, Real Time Collection Systems, Flood Early Warning System, USA. pp.195-198
- 20- 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
- 21- ÖRMECİ, C., 1994. Bilgisayar ve Uzaktan Algılama, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı:372, İstanbul. pp 55-56
- 22- ÖRÜKLÜ, E., 1988. Uzaktan Algılama, Yıldız Üniversitesi Yayınları, İstanbul. pp.83

- 23- ÖZAL, K., 1963. Aşağı Fırat Havzası Enerji Gelişme Planları Üzerine Etüd, EİEI, Ankara
- 24- PECK, KEEFER and JOHNSON, 1983. Suitability of Remote Sensing Capabilities for Use in Hydrologic Models, International Symposium on Hydrometeorology, AWRA, USA. pp.59-63
- 25- 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
- 26- SERT, M., 1987. Su Kaynakları Planlamasında Sistem Optimizasyonu, Türkiye İnşaat Mühendisliği IX Kongre Bildirileri, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara. pp.85
- 27- 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
- 28- ÜNVER,O. and VORON B., 1992. Improvement of Canal Regulation Techniques, GAP Project, Turkey and France.



(ORTALAMA YILLIK AKIM, milyon m3)

Ek 6.1. Havzalara Göre Su Potansiyelleri (Türkiye Geneli)



Ek 6.2. GAP'ın Toprak ve Su Potansiyeli (Yüzde Olarak)

Ek 6.3. GAP Su Kaynakları Geliştirme Projeleri

FIRAT HAVZASI	DİCLE HAVZASI
KARAKAYA	DİCLE-KRALKIZI
AŞAĞI FIRAT	BATMAN
SINIR FIRAT	BATMAN-SİLVAN
SURUÇ-BAZIKI	GARZAN
ADYAMAN-KAHTA	ILISU
A.-GÖKSU-ARABAN	CİZRE
GAZİANTEP	
MÜNFERİT PROJELER	MÜNFERİT PROJELER
14 Baraj ve 11 HES GÜÇ : 5.319 MW ENERJİ : 20.100 GWh SULAMA : 1.126.643 ha	8 Baraj ve 8 HES GÜÇ : 2.155 MW ENERJİ : 7.244 GWh SULAMA : 627.386 ha

Ek 6.4. GAP Bölgesinde İnşa Halindeki Projeler

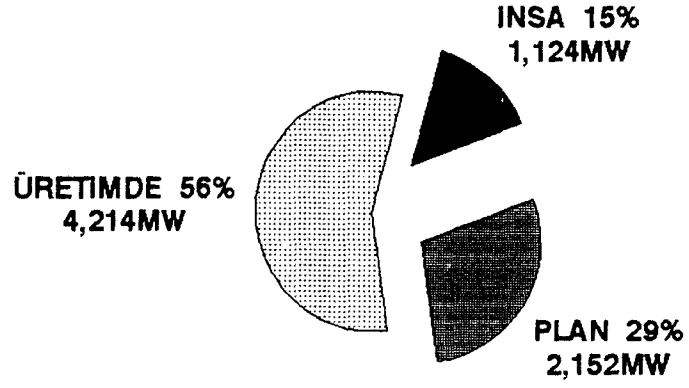
PROJE	GÜÇ (MW)	ENERJİ (GWh)	SULAMA (ha)
BİRECİK BARAJI	672	2.519	66.621
URFA TÜNELİ	50	124	
HARRAN SULAMA			150.419
YASLICA SULAMA			20.000
KAYACIK PROJESİ			13.680
ÇAMGAZİ PROJESİ			6.536
DİCLE-K.KIZI PR.	204	444	126.080
BATMAN PROJESİ	198	483	56.502
GARZAN-KOZLUK SU.			3.700
NERDUS SULAMA			2.740
DUMLUCA SULAMA			1.860
ÇINAR-GÖKSU PR.			3.582
TOPLAM	1.124	3.570	474.805

Ek 6.5. Fırat Havzasında İnşa Halindeki Tesisler

PROJE	GÜÇ (MW)	ENERJİ (GWh)		ALAN (ha)
BİRECİK BARAJI/HES	672	2.519		66.621
URFA TÜNEL,HES	50	124		
URFA II KIS.SULAMA				34.192
URFA III KIS.SULAMA				18.900
HARRAN I. KIS.SULA.			A.KANAL	
HARRAN III,IV,V,VI KIS				97.327
ÇAMGAZİ BARAJI				6.536
DUMLUCA BARAJI				1.860
KAYACIK BARAJ-SU.				13.680
YASLICA TÜNEL-SU.			İLETİM	20.000
TOPLAM	722	2.643		259.116

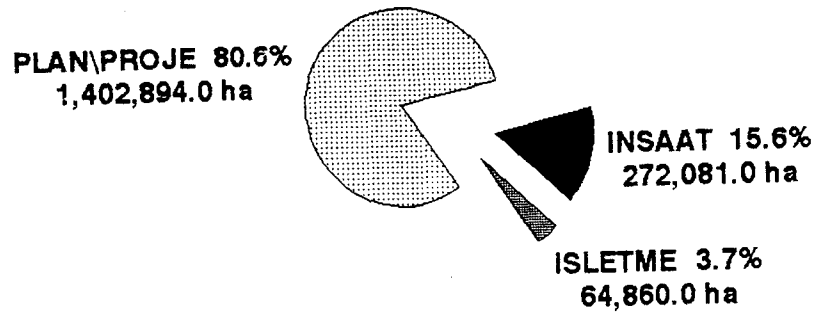
Ek 6.6. Dicle Havzasında İnşa Halindeki Tesisler

PROJE	GÜÇ (MW)	ENERJİ (GWh)		ALAN (ha)
DİCLE BARAJI-HES	110	298		126.080
KRALKIZI BARAJI-HES	94	146		
DİCLE SULAMA İSALESİ			ANAKANAL	
KRALKIZI-DİCLE POM.SU.				23.085
BATMAN BARAJI-HES	198	483		37.744
BATMAN SOL SAHİL				18.758
ÇINAR-GÖKSU BARAJI				
ÇINAR-GÖKSU SULAMASI				3.582
GARZAN-KOZLUK SULA.				3.700
NERDUS SULAMA				2.740
TOPLAM	402	927		215.689



AGUSTOS 1994 İTİBARIYLA

Ek 6.7. GAP Hidroelektrik Enerji Projelerinin Mevcut Durumları



AGUSTOS 1994 İTİBARIYLA
 * HALK SULAMALARI HARIÇ DEVLETÇE AÇILAN
 **BARAJ, KANAL VEYA KANALETİ İNSA HALİNDE

Ek 6.8. GAP Sulama Projelerinin Halihazır Durumları

İNGİLİZCE ABSTRAKT :

Use of remote sensing techniques in hydrology is vitally important to obtain hydrological and hydrometeorological data in a very short time from large areas difficult to reach, to provide system automation and to establish a database for real-time operation. Examination and a critical evaluation of the remote sensing techniques in hydrological modelling and establishing a system structure for the real-time operation, using the data provided from hydrological model is the basic topic of this study.

The GAP project will provide an application area for the subject of this thesis, where a computerised water resources management system for real-time operation will bring increased efficiency and great economic benefits.

TÜRKÇE ABSTRAKT :

Hidrolojide uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması, çok geniş alanlarda güçlükle erişilebilen hidrolojik ve hidrometeorolojik parametrelere çok kısa bir sürede ulaşmak, sistem otomasyonunu sağlamak ve gerçek zaman işletmeye veri tabanı teşkil etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Hidrolojik modellemede uzaktan algılama tekniklerinin incelenmesi, irdelenmesi ve buradan elde edilecek verilerin, sistemin gerçek-zaman işletilmesinde kullanılmasına yönelik bir sistem yapısının oluşturulması, tezin temel konusunu teşkil etmektedir.

Uzaktan algılamanın gerçek-zaman işletmede kullanılması için bir uygulama alanı niteliğinde olan GAP Projesinde sistemin gerçek zamanda optimal işletilmesini sağlayacak bilgisayara dayalı bir su kaynakları yönetim sistemi, büyük bir verimlilik artışı ve ekonomik fayda sağlayacaktır.