

Zazueta Fedro S., Jiannong Xin, Luis Santos Pereira, and André Musy. 2006. Section 6.4 Information Technologies in Water Management, pp. 401-414 of Chapter 6 Management and Decision Support Systems, in CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE. Copyright American Society of Agricultural Engineers.

Çevirmen: Kadri YÜREKLİ

Çeviri Editörleri: Sefa TARHAN ve Mehmet Metin ÖZGÜVEN

6.4 Su Yönetiminde Bilgi Teknolojileri

Yazarlar: F. S. Zazueta, J. Xin, L. S. Pereira ve A. Musy

Çevirmen: Kadri YÜREKLİ

Özet: Tarımsal su yönetiminde bilgi teknolojilerinin (BT) kullanımı üzerine genel bir bakış sunuluyor. Bu bölüm geçmişte kullanılan veri tabanları, yazılım ve modelleme, uzman sistemler, gerçek zamanlı uzman sistemler, bulanık mantık, bilgi iletim sistemleri, yeni teknolojiler ve büyük ölçekli su yönetim sistemleri örneklerini kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlar, Agroinformatikler, Tarımsal yazılımlar, Karar verme desteği

6.4.1 Giriş

Geçmiş yirmi yılda, BT su yönetiminin değişiminde önemli rol oynadı. Tarla içi su kullanımı ve drenajda; hidrolik kaynakların dağılımı, iletimi, taşınımı ve gelişiminde kullanılan teknikler, kompleks ve bilgi yoğun sistemlere dönüştü. BT stratejik yön ve tasarım ile günden güne su sistemlerinin yönetimini etkiledi. Bu bölüm tarımsal üretim ve peyzaj düzenlemesi için tarla içi su yönetiminin kullanımı üzerine yoğunlaşacaktır. Okuyuculara burada atıfta bulunulan modellerin kullanımı ve modellenen süreç üzerine tamamlayıcı bilgi için CIGR el kitabı serilerinin [1] cilt 1'deki ilgili bölümlere göz atmaları tavsiye ediliyor.

Bitki, toprak ve atmosfer ile suyun interaksyonlarıyla ilgili teknoloji ve bilgi arttığından, su yönetimi artan bir şekilde daha karmaşık oldu. Suyu kontrol etmek ve tuz dengesini sürdürmek için bir yönetim sistemi; üretim kalite ve miktarını arttırmak ve nihayetinde sürdürülebilir tarzda tarımsal işletmeciliğin ekonomik değerini en yükseğe çıkarmak amacıyla bitkinin yetiştirildiği çevrenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini kullanan sistem olarak anlaşılmalıdır [2]. Bu durum BT uygulanacak topluluk kadar, üreticilerin ekonomik kapasiteleri, büyüklükleri ve eğilimlerine bağlı olarak basitten daha karmaşığa kadar değişen yaklaşımlarda ve çeşitli formlarda BT'yi kullanma ihtiyacı doğurdu.

6.4.2 Su Yönetimini Etkileyen Teknolojik İlerlemeler

Suyu yönetme kabiliyeti; donanım, yazılım ve bunlarla ilişkili temel teknolojiler ve tarımsal üretim sistemlerinin gelişmiş temel ve pratik bilimindeki ilerlemelerden etkilenmiştir. Bu ilerlemelerin sonucu dört kelimedede özetlenebilir: *daha hızlı, ilişkili, daha zeki ve daha ucuz* [3]. Su yönetimi stratejileri ve taktiklerini etkileyen birkaç alandaki teknolojideki gelişmeler aşağıdaki gibidir:

- Sensörler ve kontrol;
- Veritabanı teknolojileri;
- Dizayn ve yönetim yazılımı;
- Uzman sistemler, gerçek zamanlı uzman sistemler ve bulanık mantık;
- Bilgi iletim sistemleri.

Yukarıda bahsedilen alanların her birindeki ilerlemeler eş zamanlı olarak meydana gelmiş ve karmaşıklıkta evrimleşerek, bugün kullanımda olan modern sistemlere dönüşmüştür. Bu gelişmeler belirli su yönetimi problemlerini tanımlayan birkaç teknolojinin entegrasyonunda daha önemli bir şekilde meydana gelmiştir.

1970’li yılların sonlarında ve 1980’lerin başında, mikroişlemcilerin yoğun üretimine başlanması, mikrobilgisayarların ve amacı özel işlemcilerin gelişimine neden oldu. Hemen bu gelişmeleri takiben tarla [4], peyzaj [5] ve sera üretim sistemlerinde, bu teknolojinin uygulamaları kendini gösterebilmiştir. Mikrobilgisayarlar, güç hat modülasyonu ve toprak nem sensörleri kullanan düşük maliyetli kapalı döngü kontrol sistemleri, sera ve tarla üretiminde kullanılmıştır [6]. Bu on yıl boyunca, çok sayıda üretici özellikle seralar ve basınçlı sulama sistemleri için çabucak adapte olabilen özelleşmiş kapalı döngü bilgisayar tabanlı denetleyiciler üretti. Zamanla, atmosferik, toprak ve bitki tepkilerini içeren çevresel sensörler; radyasyon şiddeti, hava sıcaklığı, bağıl nem, toprak nemi ve su çözeltisinin besin özellikleri gibi parametreleri kontrol etmek ve değerlendirmek için kullanıldı [7,8]. Tarla uygulamalarında, toprak ve bitki durumlarının direkt ölçümlerini yapabilen kapalı döngü kontrol sistemleri, ticari uygulamalarda çok fazla kullanılmamıştır. Bunun yerine, bitki su tüketiminin dolaylı tahminine dayalı su bütçesi yöntemlerinin yaygın olduğu görüldü. Doğrudan sistemlerin yaygınlaşmamasının sebebi, heterojen sistemdeki nokta ölçümlerle ilgili zorluklar, güvenilirlik ve toprak nem sensörü ya da bitki durum sensörlerinin maliyetli olmasıdır. Bununla birlikte, makul su bütçesi yöntemleri; sadece kalem ve bloknotun [9] kullanıldığı başlangıç aşamasından; tablolama programları, amaca özel yazılımlar ve bölgesel veri tabanlarının [10,11] kullanıldığı sistemlere dönüşmüştür. Bu sistemler internet tabanlı meteoroloji istasyon ağlarından bilgi elde etmekte, daha teferruatlı bilgi tabanlı algoritmaları kullanmakta ve hassas tarım prensiplerine dayalı sulama yapmaktadır. Bununla birlikte, bu değişim her yerde açık olarak belli değildir, yalnızca yüksek teknolojiye sahip ülke ya da bölgelerde büyük ticari çiftlikler için geçerlidir. Dünyanın çoğu yerinde, bölgesel verili su bütçesi modellerinin uygulamaları hala yenidir; su

kullanımı ve korumalı tarla pratiğinde önemli gelişmeler üreten uygun teknolojilerin esasını oluşturmaktadır.

Sensörler, eyleyiciler, bilgisayar, donanım ve yazılım ağlarındaki gelişmelere ek olarak, su yönetimin kullanılan araçların gelişimine yol açan tarım sistemleri hakkındaki anlayışımızda önemli gelişmeler olmuştur. Ayrıca, matematik ve bilgisayar bilimindeki ilerlemeler basit bağımsız yazılımdan, bilgi yoğun yazılıma kadar değişen uygulamalarla sonuçlanmıştır. Bu bilgi yoğun yazılımlara örnek olarak; gerçek zamanlı uzman sistemler [12], kurallı uzman sistemler, yapay sinir ağları [13] ve su yönetimi açısından modelleme sayılabilir. Bu anlayış mevcut biyolojik simülasyon modelleri [14] ve bitki kök bölgesindeki su kalitesi, süreç modellemesinde yansıtılmaktadır [15,16]. Bu modeller CBS ve GPS teknolojileriyle birlikte sıklıkla kullanılmakta olup; hassas tarımda yalnızca günden güne su yönetimi için değil aynı zamanda tarla seviyesinden modül, bölge ve havza seviyelerine kadar bütünleştiren planlama amaçları içinde kullanılmaktadır.

Bilgisayar ağ teknolojilerinin yaygınlaşması herhangibir yerde bilginin paylaşımını hiçbir zaman olmadığından daha gerçekçi hale getirmiştir. 1990'ların ortasından günümüze kadar, dünya internet ağ (WWW, World Wide Web) kaynakları; en iyi yönetim sistemleri hakkında güncel bilgiler sağlamış ve gerçek zamanlı veri kaynakları, zamanında doğru bilgiye ulaşmayı mümkün kılmıştır. Böylece don ve kuraklık gibi felaket durumları için su kullanım etkinliği ve verimliliğinde artış sağlanmıştır. 1990'lı yılların sonlarından 2000'li yılların başlarına kadar küresel iklimin daha iyi anlaşılması, deniz yüzey sıcaklığına dayalı iklim durumlarını tahmin eden modellerin kapasitesinin gelişmesine önderlik etti. Bu gelişme su yönetiminde, BT'deki kullanım alanının genişlemesiyle sonuçlanmıştır [17,18]. Yani, tarla su yönetimi esas amaç olmuşken iklim tahmini su yönetiminde, stratejik planlamayı kapsamak için yönetsel kapasiteleri mümkün kılmıştır. Bununla birlikte, iklim tahminindeki gelişmeler yavaştır ve onlar, yalnız sınırlı alanlar için mevcuttur. Bu sınırlı alanlara örnek olarak, El Niño güney salınımının (ENSO, El Niño Southern Oscillation) güçlü bir iz bıraktığı alanlar verilebilir.

6.4.3 Veri Tabanı Teknolojileri

Su kaynağı yönetiminde veri tabanlarını birleştiren ve su kaynağı yönetimiyle ilişkili alt yapıya bağlılık artarak devam etmektedir. Veri depolamayı ve veriye ulaşım teknolojisi sağlayan *Veri tabanı yönetim sistemleri (VTYS)*, su kaynağı verisini analiz etmek ve yönetmek için zorunlu bir araca dönüşmüştür. VTYS, taşkın ve kuraklığın gözlenmesi ve izleme sistemleri için kullanılan hidroloji ve meteoroloji istasyonlarından toplanan verinin depolanması ve ulaşımında kullanılan mükemmel araçlardır. Bu veriler; doğrudan modelleri besleyebilir ve üretilen bilgi baraj depolaması, rezervuar yönetimi ve sulama sitemlerinin iletim ve dağıtımını gibi farklı uygulamalara yoğunlaştırılabilir. Kuraklığı azaltmak için örnek araçlar, Rossi ve ark. [19] tarafından verilmektedir.

İnternet veri tabanı uygulamaları üzerine ciddi anlamda etkiler yaptı. VTYS ve internet teknolojisi, web tabanlı kullanıcı/server uygulamaları için imkan sağladı ve su kaynakları verisine hemen anında internetle ulaşılabilir yaptı. Günümüzde ilişkisel, obje yönlü, mekansal veri tabanları gibi veri tabanının üç tipi yaygın olarak kullanılır.

İlişkisel Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (İVTYS)

SQL Server, Oracle ve IBM DB2 gibi ilişkisel VTYS; veriler arasındaki ilişkiyi dikkate alan katı kurallara dayanarak veriyi depolamak için tasarlandı. Bugün onlar en yaygın olarak kullanılan VTYS'lerdir. Sayısal İVTYS uygulamaları su kaynakları kullanım alanında geliştirildi. Örneğin, ARS su veri tabanı [20] ABD'de küçük tarımsal havzalardan yağış ve akarsu akım verisinin bir toplanmasıdır. AQUASTAT [21], su ve tarımın bir küresel bilgi sistemidir. Sistemin amacı, kullanıcılara su yönetiminin durumu hakkında ayrıntılı bilgi sağlamaktır. MetBroker [22] web servisleri aracılığıyla dünyanın değişik bölgelerinde iklim bilgisi sağlayan heterojen bir veri tabanıdır. Kolaylıkla ulaşılabilen iklim verisi, sulama yönetimi ve tarımsal simülasyon modelleri için kullanılabilir.

Obje Yönlü Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (OYVTYS)

İVTYS, su kullanımı ve korunmasında günümüz BT uygulamalarının ihtiyaçlarının karşılanmasında yeterli olmuştur. Ancak, İVTYS, kompleks veri modelleri ile ilgilenildiğinde hantal olmaktadır. ObjectStore, GemStone, Jasmine ve Objectivity gibi obje yönlü veri tabanı yönetim sistemleri (OYVTYS); bağıntılar ve çizelgeleri kullanmaktan daha kuvvetli olarak nesnelere depolama ve çağırma etkinliği vardır. Proses entegrasyonu üzerine artan önem, OYVTYS'nin benimsenmesi için bir itici kuvvettir. Tipik olarak OYVTYS'nin uygulamaları kompleks ve yüksek derecede birbiriyle bağlantılı bilginin yönetimi karakteristiğine sahiptir. Örneğin, EDIS (Extension Digital Information Source) [23], OYVTYS'yi 5000'den fazla tarımsal yayını yönetmek için kullanmaktadır. Obje tabanlı birkaç uygulama su yönetiminde mevcuttur. Ancak, su yönetiminde profesyonellerin yeterlilik seviyesinin bu alanda artmasıyla ve kompleks sistemleri modelleme girişimlerinin başlamasına paralel olarak ilişkisel modellerin yönetilemez hale gelmesiyle OYVTYS sayısı büyük ihtimalle artacaktır.

Mekansal Veri Tabanları

Su kaynaklarının değerlendirilmesi ve yönetimi için geometrik, coğrafik, mekansal ve zamansal veriyi yönetmeye ihtiyaç vardır. *Mekansal veri tabanları*, GIS için ArcIMS ve IDRISI gibi temel veri tabanı teknolojisidir. GIS'lar mekansal ve zamansal verilerin toplanması, depolanması, yönetimi ve gösterimi için etkin araçları sunmasından dolayı, onlar su dağılımı, toprak, bitki, arazi kullanımı ve iklim gibi değişik formdaki çok sayıda mekansal verileri analiz ederek su kaynağı yönetimi

için özgün bir rol oynamaktadır. Birçok örnek uygulamaları Musy ve ark. [24], Crausaz ve Musy [25]'de bulunmaktadır. İVTYS ve GIS'in entegrasyonu da tarımsal problemleri çözmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Havza ve havza yönetimi, su kalitesi ve tarımsal karar destek sistemlerini hedefleyen farklı uygulamalar geliştirildi ve bunlar arazi şekillendirilmesi ve ticari tarım tasarımı için birçok kaynaktan elde edildi. Tarımsal su yönetiminde mekansal veri tabanlarının genişletilmiş kullanımı, toprak ve toprak suyu gibi temel veri mevcudiyeti ile sınırlanmaktadır. Ancak, birkaç yaklaşım problemlerin üstesinden gelmek için kullanılabilir, fakat bu yaklaşımlar testi ya da kalibrasyonu gerektirmektedir [26].

6.4.4 Yazılım ve Modelleme

Tasarım ve yönetim yazılımları, su yönetiminde bilgisayarların ilk uygulamaları arasındadır. 1980'li yılların başlarında; yazılım, tasarım, zamanlama ve bakım için spesifik görevler üzerine yoğunlaştı. Bu boru çapı hesaplamaları; sulama zamanı, kimyasal enjeksiyon oranı tahminleri ve sulama sistemlerinin bilgisayar kontrolü gibi uygulamaları kapsadı. Sulama ve hidroloji ile ilişkili yazılımın bir koleksiyonu IRRISOFT veri tabanında içerisinde bulundurulmaktadır [27].

Tarla su kaynaklarının bilgisayar destekli yönetim alanında sistemler, sulama zamanı ve işletimini içeren kapsamlı üretim sistemlerine dönüşmüştür. Spike [28] ticari turunçgil üretiminin çok yönünü kapsayan fenolojiye dayalı bir turunçgil yönetim sisteminin gelişim ve uygulamasını açıklamıştır.

Su yönetiminde dinamik modelleme tekniklerinin kullanımı bilgisayarın ilk uygulamalarına kadar gitmektedir. Modellemenin ilk uygulamaları, bir sistemin bir bileşenine yoğunlaşmıştır. Yer altı suyundaki doymuş ve doymamış akımları, kanallardaki serbest yüzey su akımını ve sulamayı açıklayan modeller literatürde çoktur.

Sulama kanal sistemlerinin modellenmesi; özellikle sensörler ve denetleyiciler gibi donanımın gelişmelerine bağlı olarak son yirmi yılda hızla gelişmiştir [29,30]. Kararsız yapıli modeller, Ritter [31] tarafından değerlendirilmiştir. Bu modeller, zamanla akım oranı ve derinlik değişimini simüle etmektedir [32]. Ancak kanal ağ yönetimi için bu gibi modellerin kullanımı zor ve zaman alıcıdır. Su dağıtım yönetimi için basitleştirilmiş hidrolik açıklamalara dayalı modeller Skutsch [33] de açıklanmıştır. Daha sonraları, GIS kullanarak optimize edilmiş yönetim ya da destek verme kararlarına ekonomik düşünceleri kapsaması için modeller [34] geliştirildi. Hidrolik ve hidrolojik özellikleri birleştiren modeller, dünyanın çoğu yerinde benimsemiştir [35,36], dağıtıcılarla birlikte bakımın planlamasını da içermektedir [37,38]. Basınçlı sulama sistemleri için birkaç yaklaşım, boru boyutları ve sistemin düzenlenmesini optimize etmek için kullanılmıştır. Sistemin işleyişini simüle edebilen ve birebir performansı değerlendirebilen modeller, tasarım amaçlı kullanımlarını kapsayacak şekilde popüler olmaya başladı [40].

Su bütçesi modelleri, bitki su tüketimi tahmini ile VTYS ve GIS gibi bilgi yönetim araçlarındaki gelişmelerin bir sonucu olarak etkili su yönetim araçları yönünde bir değişim geçirdi. Bu modeller; çiftlik alt birimi veya tüm çiftlik, sulama bölgesi ve havza ölçeklerinde kullanılabileceği gibi internet ya da diğer uygulamalarla GIS içerisinde işletildiğinde bir sulama sistemi olarak kullanılır. Çiftlik seviyesinde sulama zamanlaması için kullanılan modeller, verimi kapsayan bitki su ilişkilerini simüle etmek için de kullanılır [41,42]. Bahsedilen modeller gerçek zamanda da iklim tahmin yöntemlerinden bazı tiplerini uyarlayarak kullanılmaktadır [43]. Su akış modelleri [44]; esas olarak toprak ortamında çözünen maddelerin taşınımını simüle etmek için kullanışlı olmaya başlamıştır. SWAP [45] modeli kullanılarak tuzluluk yönetimi veya daha ileri üniform olmayan geçici akım modeli olan HYSWASOR [46] bu uygulamalara birer örnektir. Güçlü modellerin yeni jenerasyonları; su, kimyasal işlemler, bitki madde alımı, bitki büyüme ve verimi gibi fiziksel değerleri simüle edebilmektedir. Bu modeller; çevreye duyarlı bitki ve su yönetimini hedef alan, günümüz model geliştirme süreçlerinin ana parçasını oluşturmaktadır [47]. Birçok diğer modelin yanında, bitki kök bölgesi su kalite modeli olan RZWQM [48,49]; esas olarak sulu tarımda agronomik ve sulama uygulamalarının seçimi [50] için toprak karakterizasyonunu belirlemede önemli bir potansiyele sahiptir.

Tarım modellerinin diğer bir grubu da sulama sistemlerinin tasarımı ile ilişkilidir. Birkaç model, SIRMOD [51] ve SRFR [52] gibi, yüzey sulama sistemlerinin değerlendirilmesi ve tasarımı için günümüzde kullanılmaktadır. Yağmurlama ve mikrosulama sistemlerinin tasarımı, tipik hidrolik hesaplamalardan sulama performans seviyesinin amaçlandığı sistemlere dönüşmüştür [53]. Teknolojinin gelişmesi ve kapasiteleri artan CAD araçlarından dolayı uzmanlaşmış yazılım geliştirildi. Bunun bir sonucu olarak, bugünün sulama yazılım tasarım endüstrisi olgunlaştı ve bitki veri tabanları, 3D modellemesi, komponentlerin akıllıca dağılımı ve listeden farklı materyal seçebilme gibi özellikleri kapsayan piyasada çok farklı seçenekler bulunmaktadır. Bir basit internet taraması “sulama yazılımı” üzerine birçok kayıt bulmaktadır. Ancak bu gibi modeller veri ihtiyacının karşılanamadığı yerlerde sınırlı kullanıma sahiptir.

Drenaj modelleri de çok fazla ve farklı farklıdır. Bu modeller, tasarım ya da sistemlerin işlevselliğini değerlendirmek için kullanılabilmektedir. Bu modellerin çoğu diğer bileşenleri kapsayarak zamanla gelişmiştir. Drenaj daha çok tuzluluk ve nitrat yönetimi ile ilişkili olduğundan, bu bileşenler sıklıkla bu gibi modellere eklenir [55]. DRAINMOD [56] tarla ve havza bazında zayıf drene olan toprakların hidrolojisini simüle eder. Bu model nitrojen ve tuzun taşınımı ve gelecekteki durumu modelleyen komponentleri kapsamaları için uyarlanmıştır [57-61]. Ek olarak, bu model DUFLOW kanal ve su kalite modelleri gibi diğer modellerle bağlantısı yapıldı [62]. BASINS noktasal ya da noktasal olmayan kaynakları kapsayan havza ve su

kalitesi çalışmaları için geliştirilmiştir [63]. Ayrıca, su model bileşenleri kapsamlı bitki modellerinde alt modeller olarak kullanılmıştır [64].

6.4.5 Uzman Sistemler, Gerçek Zamanlı Uzman Sistemler ve Bulanık Mantık

Uzman sistemler (US); su yönetimine başarılı olarak uygulanan yapay zekanın bir tipidir. US; normalde EĞER...İSE... (IF... THEN...) kuralıyla ilişkilendirilmiş kurallar kümesine bir çıktıyı eşleştirmek için ileri yönlü zincirleme ya da geri yönlü zincirleme tekniklerini kullanmaktadır. Gerçek zamanlı US'yi kullanmadaki ana amaç, kullanıcılar üzerindeki kavramsal yükü azaltmaktır. US geliştirmede maliyet ve çabaları azaltmak için çoğu US uygulamaları günümüzde, JESS [65], CLIPS [66], OPS5 ve çeşitleri gibi kabuk yazılımları (Shell) kullanarak gerçekleştirilmektedir. Ayrıca LISP ve PROLOG gibi AI dilleri de bu amaçla zaman zaman kullanılmaktadır.

US su kaynaklarının planlama ve yönetimi alanında, geniş bir aralıktaki problemlerin çözümünde kullanılabilir. Birçok kural tabanlı US son dönemlerde geliştirilmiştir. Bu US'ler arasında, pamuk için GOSSYM/COMAX [67]; Mısır ülkesinde sulanan buğday yönetimi için Neper Wheat [68] ve derelere veya atmosfere olan boşalımların tasarımı, analizi ve tahmini için kullanılan kural tabanlı US olan CORMIX [69] sayılabilir. Diğer US'ler, su yollarındaki biyolojik çoğalmaya bağlı tıkanmalar gibi su yönetiminde çok spesifik problemleri tanımlamıştır [70].

Gerçek zamanlı US, arazide çok az sıklıkla uygulanmaktadır. Gerçek zamana çok yakın modelin bir örneği; ekim zamanı üzerine kısa dönemli bilgi üretmek ve US ile bir simülasyon modelini birleştirmek amacıyla güney Fransa'da bir sulama sisteminde kullanılan SIMSEMdir [71]. Bu sistemler, gerçek zamanlı olaylar tarafından yönlendirilmeleriyle ve zaman sınırlı tepki gereksinimine sahip olmalarıyla karakterize edilmektedir. CIMS [72], sulama kontrolü ve yönetimi için gerçek zamanlı toprak nemi verisi ve iklim verisini kullanan gerçek zamanlı bir US'dir.

Bulanık mantık, klasik küme (crisp set) üyeliği ya da üyeliği olmayandan daha çok kısmi set üyeliğini dikkate alarak veriyi proses etmenin bir yolu olan geleneksel Boolean mantığının bir üst kümesidir. Bulanık mantık; kararsız, muğlak, kesin olmayan, gürültülü ya da eksik girdi verisine bağlı kesin bir hüküm çıkarmanın basit bir yoludur. Bir bulanık US, Boolean mantığı yerine bulanık mantığı kullanır. Diğer bir deyişle, bir bulanık US üyelik fonksiyonları ve verileri ilişkilendirmek için kullanılan kuralların bir araya gelmesidir. Genel olarak sembolik mantık motorları olan geleneksel US'den farklı olarak bulanık US, sayısal işlemeye doğru yönlendirilmektedir. Bu gibi yaklaşımlar, su havzası ya da rezervuar yönetimine uygulanabilir. Kurallar ve kısıtlar bir bulanık yolda tanımlanır ve simülasyon sonuçları suyun daha iyi dağıtımı için tahmin edilir. Su yönetiminde kullanılan

bulanık mantık örnekleri arasında bulanık evapotranspirasyon modeli de sayılabilir [73].

6.4.6 Bilgi Dağıtım Sistemleri

BT'nin oynadığı anahtar rollerden birisi, özellikle yayım kütlesine bilginin dağıtımıdır. 1970'li yılların sonlarında ilk bilgi dağıtım sistemleri (BDS), sınırlı bilgi kümelerine giriş için merkezi ana bilgisayarların terminal girişine dayanmaktaydı. 1980'li yıllarda, veri tabanı ve ağ teknolojisinin gelişmesinden dolayı, BDS içerik bakımından daha zenginleşmiştir ve CDROM'lar gibi yüksek kapasiteli medya araçlarıyla dağıtılmıştır; ayrıca özel ağlar üzerinden ulaşılabilir hale gelmiştir. İnternet ticarete açıldığında ve WWW geliştirildiğinde, 1990'lı yılların ortalarında bilgiye ulaşmada bir patlama oldu. Bugün bilgiyi dağıtımındaki ana mekanizma, farklı kapsamlılık dereceleriyle WWW'dur. En basit biçimiyle statik web sayfalarıdır. En gelişmiş biçimiyle ise elektronik belgelerin tam olarak hazırlanması ve yayım yönetim sistemleridir. Bu gelişmiş sistemler birçok üründen bir tanesi olan web dağıtımını için HTML ve XML içeriklerini üreten nesne teknolojilerine dayanmaktadır.

Yayım Dijital Bilgi Kaynağı (YDBK), 5000 den fazla elektronik ortamda yayım amaçlı yayımı içermektedir. Bu kaynak CD-ROM, HTML ve PDF formatında çıktılarının alınabildiği merkezi bir OYVTYS'yi içermektedir [74]. Geleneksel kelime işleme ya da biçimlendirmeden ziyade, OYVTYS ile doğrudan arayüz oluşturan bir araç bu konuyla ilgili çalışan uzmanlara sunulmaktadır. Ayrıca, yayınların prosesinin yönetimi bir web tabanlı döküman yönlendirme sistemiyle yerine getirilir. Bu yöntemde elektronik belge hazırlama işleminin tamamlanması ve yapılan bu işlemin inceleme/onaylanmasından sonra hazırlanan belgenin içeriği ulaşılabilir hale gelmektedir. Bilginin kalite ve zamanlamasını sağlamak için teslim hazır çıktılar talep üzerine yapay olarak üretilir.

6.4.7 Yeni Teknolojiler

Son birkaç yıldır bilgisayar parçalarının küçültülmesi, dizüstü bilgisayarın kapasitesine sahip elde taşınabilen cihazları ortaya çıkarmıştır. Kablosuz iletişimle, kişisel sayısal yardımcılarının (PDAs, Personal Digital Assistants) birleştirilmesi, daha iyi yazılım gelişim araçları ve masaüstü ve çevrimiçi kaynakları kullanmada ustalaşmış kullanıcıların çokluğu nomadik bilişime (hesaplama) doğru belirgin bir eğilimi ortaya çıkarmıştır.

PDA'ların ilk kullanımları; takvim oluşturma, not alma, eposta, telefon numaraları ve adres gibi bilgilerin depolanması üzerine yoğunlaşmıştır. PDA'ların gelişmişliği, dizüstü bilgisayarlarla yapılabilen karmaşıklıkta uygulamaları çalıştırabildiği ve oldukça büyük miktarda verilerin depolanabildiği bir seviyeye ulaşmıştır. *Cep bilgisayarları* terimi bazen bu yeni üretimi yansıtan aletleri

açıklamak için kullanılmaktadır. Onların kompak boyutu, farklı yerlere ve ofisten araziye seyahat eden yayım elemanları için uygundur.

Hazırlanan bir yayım programını kapsamında başlamasından elle taşınabilen bilgisayarlar dağıtılmış ve bir yıl sonra, hedef kitlenin %82'sinin bundan faydalandığı görülmüştür [75]. Söz konusu yayım faaliyetinde sağlanan başarının ana sebebi, elle taşınan bilgisayardaki uygulamaların hedef kitlenin isteklerine göre geliştirilmesi olmuştur.

6.4.8 Büyük Ölçekli Su Yönetimi

Modern bilgi teknolojileri, büyük ölçekli sulama yönetimi uygulamalarını mümkün kılmıştır. Donanım, yazılım, düşük maliyet ve eğitilmiş teknik elemanların kombinasyonu; birçok diğer ihtiyaca cevap vermenin yanında, doğru sulama uygulamasına izin veren sistemlerin önünü açmıştır (6.4.4'e bakılabilir). Birkaç teknolojiyi entegre eden üretim sistemlerinin örnekleri aşağıda verilmiştir.

Florida Orlando'da "Water Conserv II" su ıslahı tesisi; veri tabanlarını, modellemeyi, bilgisayar kontrolünü entegre etmektedir [76]. Bu tesiste, atık su işlenmekte ve turunçgillerin sulamasında 1984'ten beri kullanılmaktadır. Sistem bir operatörle merkezi olarak kontrol edilen, basınçlı boru ağıyla ortalama 25 mgd (milyon galon/gün)'yi dağıtmaktadır. 1740 ha alanı kaplayan toplam 75 çiftçiye hizmet etmektedir. Fazla su, hızlı infiltre olan havzalara uygulamayla aküfer dolumu için kullanılmaktadır. Kontrol ve geri besleme bilgisi, bir merkezi bilgisayar sistemine bağlı bir kablosuz ağ sistemiyle sağlanır.

Veri tabanı sistemleri, veri kazanımı, modelleme, GIS ve uzman sistemleri entegre eden tam ölçekli sulama bölgesi yönetim sistemleri geliştirilmiştir. SICODE [77], izin alımından gerçek zamanlı su bölüşümüne kadar ki süreci kapsayacak şekilde; muhasebe, bitki, su ve ekim için kullanılan kapsamlı bir yönetim aracıdır. Sistem ilişkisel veri tabanını kullanmakta ve modelleme bileşeni, stratejik bitki ve su bölüşümü için DSSAT modelleri kullanmaktadır [78,79]. İyi planlanmış sulama için bu sistem, Penman esasına dayalı su bütçeleme yöntemi ve otomatik meteoroloji istasyonundan elde edilen gerçek zamanlı verileri kullanmaktadır. Su bölüşümleri, kural esasına dayalı bir uzman sistem ve GIS kullanılarak gösterilebilen simülasyon sonuçları kullanarak yapılır. Sistem 500'den fazla kullanıcıyla, 15000 ha dan fazla alana yayılmıştır. SICODE veri tabanları çok kapsamlıdır ve kullanıcıları, toprakları, bitki, tarımsal tavsiyeleri ve diğer verileri kapsamaktadır.

6.4.9 Nereye Gidiyoruz?

Teknolojideki değişimler, organizasyonel ve sosyal değişimle birlikte ilerleyecektir. Donanım ve yazılım aletlerinin hızlı gelişimi, zamanında ve doğru bilgi için tüketici talebini arttıracaktır. Kablosuz ağ genişband teknolojilerinde mevcut eğilimler devam ederse muhtemeldir ki; orta ölçekli bir zaman döneminde, tarla şartlarında en iyi yönetim uygulamalarına yönelik taleplerde hızlı bir artış

görülebilecektir. İnsan/bilgisayar arayüzleriyle ilgili gerçekleşen hızlı ilerlemelerle yukarıda bahsedilen gelişmelerin birleşmesi; analiz ve karar destek sistemleri için BT'yi, her yerde mevcut araçlar haline getirmesi yüksek olasılıklıdır ve büyük oranlarda artmış olan bilgiye ulaşmayı mümkün kılacaktır.

Teknoloji geliştikçe teknolojiye sahip olanlar ve olmayanların oluşturduğu çok yıllara dayalı ayrışma problemi daha da alevlenecektir. Bu bazı önemli sorunları ortaya çıkarmaktadır: Farklı toplum katmanları arasındaki teknoloji uçurumu, nasıl azaltılabilir ya da kapatılabilir? Küçük çiftçilerin BT'den doğrudan ya da dolaylı olarak faydalanabilmesini garantiye almak için hangi mekanizmalar uygulamaya konulmalıdır?

Açık olarak, bu probleme çözüm bu makalenin konusu dışındadır. Yinede, teknolojiye erişimin sağlanması çözümün önemli bir bileşenidir. Ayrıca, düşük maliyet, uygulanabilirlik, güvenilirlik ve destek altyapısı konularının dikkate alınması gerekmektedir. Sonuç olarak, teknolojinin kendi başına bir önemi yoktur, fakat önemli olan uygulandığı kültürel şartlarda, su yönetimi ve üretimle ilgili problemlerin çözümünde nasıl kullanıldığıdır. BT'nin faydalı bir şekilde kullanımı, eğitim üzerine odaklanarak ve bütün paydaşları kapsayan katılımcı bir süreçle başarılabilecektir.

Kaynaklar

1. van Lier H. N., L. S. Pereira, and F. R. Steiner, eds. 1999. *CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. I: Land and Water Engineering*. St. Joseph, MI: ASAE.
2. Zazueta, F. S. 1995. International developments in microirrigation. *Proc. 5th Int.Irrigation Congress*, 314-324. St. Joseph, MI : ASAE.
3. Gallaire, H. 1998. Chapter 4: Faster Connected and Amarter. *Technologies for the 21st Century*, 47-76. Paris, France: Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).
4. Phene, C. J., and T. A. Howell. 1984. Soil sensor control of high-frequency irrigation systems. *Trans. ASAE*, 392-396.
5. Augustine, B. J., and G. H. Snyder. 1984. Moisture sensor-controlled irrigation for maintaining bermudagrass turf. *Agron. J.* 76: 848-850.
6. Zazueta F. S., A. G. Smajstrla, and D. S. Harrison. 1984. Microcomputer control of irrigation systems. I: Hardware and software considerations. *Soil and Crop Sci.Soc. Fla. Proc.* 44: 123-129.
7. Zazueta, F. S., and J. Xin. 1992. *Soil moisture sensors*. UF/IFAS EDIS Reviewed Extension Publications, EDIS document number EH226.Gainesville, FL: Florida Extension Service.
8. Mead, R. 1998. Soil moisture instrumentation: Sensors and strategies for the 21st century. *Irrigation J.*, Sept/Oct.
9. Choate, R. E., and D. S. Harrison. 1977. Irrigate by the accounting method. *IFAS Circular 431*. Gainesville, FL: University of Florida.
10. Pereira L. S., A. Perrier, M. Ait Kadi, and P. Kabat, eds. 1992. *Crop-WaterModels*. Special issue of the ICID Bulletin. New Delhi, India: ICID.
11. Pereira L. S., B. van den Broek, P. Kabat, and R. G. Allen,eds. 1995. *Crop-Water Simulation Models in Practice*. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Pers.

12. Xin, J., F. S. Zazueta, A. G. Smajstrla, T. A. Wheaton, J. W. Jones, P. H. Jones, and D. D. Dankel II. 1997. CIMS: An Integrated real-time computer system for citrus microirrigation management. *Applied Engineering in Agriculture* 13(6): 785-790.
13. Zhang, Q., S. Cetinkunt, T. Hwang, U. Pinsopon, M. A. Cobo, and R. G. Ingram. 2001. Use of adaptive control algorithms for automatic calibration of electrohydraulic actuator control. *Applied Engineering in Agriculture* 17(3): 259-265.
14. Jones, J. W., and J. T. Ritchie. 1990. The use of crop models in irrigation management. Monograph Chapter: *Management of Farm Irrigation Systems*, eds. G. J. Hoffman, T. Howell, and K. H. Solomon. St. Joseph, MI: ASAE.
15. Pereira L. S., and M. R. Cameira. 1999. Unsaturated zone leaching models: A user's view. *ICID J.* 48(2): 1-9.
16. Ma L., L. R. Ahuja, J. C. Ascough, M. J. Shaffer, K. W. Rojas, R. W. Malone, and M. R. Cameira. 2001. Integrating system modeling with field research in agriculture: Applications of the root zone water quality model (RZwQM). *Advances in Agronomy* 71: 233-292.
17. Hansen, J. W., A. Hodges, and J. W. Jones. 1998. ENSO influences on agriculture in the southeastern United States. *J. Climate* 11: 404-411.
18. Royce, F. S., J. W. Jones, and J. W. Hansen. 2001. Model-based optimization of crop management for climate forecast applications. *Trans. ASAE* 44(5): 1319-1327.
19. Rossi, G, A. Cancelliere, L. S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, and A. Zairi, eds. 2003. *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, WSTL 44. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
20. ARS. 2003. *ARS Water Database*. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture. Accessed February 2003, from <http://hydrolab.arsusda.gov/wdc/arswater.html>.
21. FAO. 2003. Review of world water resources by county, Water Report No. 23, Rome, United Nations. Accessed February 2003, from <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agl/aglw/aquastat/main/index.stm>
22. Laurenson, M. R., A. Otuka, and S. Ninomiya. 2002. Developing agricultural models using MetBroker mediation software. *J. Agric. Meteorol.* 58: 1-9.
23. Beck, H. W. 2001. Agricultural enterprise information management using object databases, Java and CORBA, *Computers and Electronics in Agriculture* 32: 19-147.
24. Musy, A., L. S. Pereira, M. Fritsch, eds. 1999. *Emerging Technologies for Sustainable Land Use and Water Management*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 71 p. and CD-ROM.
25. Crausaz, P.-A., and A. Musy. 1997. GESREAU: un outil d'aide à la gestion des eaux par une modélisation du territoire. *Revue Internationale de Géomatique* 7(2): 127-139.
26. Heinemann, A. B., G. Hoogenboom, and R. T. Faria. 2002. Determination of spatial water requirements at county and regional levels using crop models and GIS. An example for the State of Paraná, Brazil. *Agric. Water Manag.* 52: 177-196.
27. Stein, T. M. 2000. IRRISOFT Database on Irrigation and Hydrology Software. Accessed March 2003, from http://www.wiz.uni-kassel.de/kww/irrisoft/irrisoft_i.html.
28. Spike, P. 1998. The decision information system for citrus. *Keynote Address. 7th Int. Conference on Computers in Agr.* St. Joseph, MI: ASAE.
29. Malaterre, P. O. 1995. Regulation of irrigation canals. *Irrigation and Drainage Systems* 9(4): 297-327.
30. FAO. 1994. Irrigation Water Delivery Models. *Proceedings of the FAO Expert Consultation*, Water Report No. 2.
31. Ritter, W. F., ed. 1991. Irrigation and Drainage. *Proc. Nat. ASCE Conference*. Reston, VA: ASCE.

32. Kumar P., A. Mishra, N. S. Raghuwanshi, and R. Singh. 2002. Application of unsteady flow hydraulic model to a large and complex irrigation system. *Agric. Water Manag.* 52: 49-66.
33. Skutsch J. C., ed. 1994. *Irrigation Water Delivery Models*. FAO Water Reports 2. Rome, Italy: FAO.
34. Reca, J., J. Roldán, M. Alcaide, R. López, and E. Camacho. 2001. Optimisation model for water allocation in deficit irrigation systems. Part II: Application to the Bambézar irrigation system. *Agric. Water Manage* 48: 117-132.
35. Singh R., J. C. Refsgaard, L. Yde, G. H. Jorgensen, and M. Thorsen. 1997. Hydraulic-hydrological simulations of canal-command for irrigation water management. *Irrig. Drain. Syst.* 11(3): 185-213.
36. Santhi, C., and N. V. Pundarikanthan. 2000. A new planning model for canal scheduling of rotational irrigation. *Agric. Water Manag.* 43: 327-343.
37. Nawazbhatta M., B. A. Shahid, and E. J. van der Velde. 1996. Hydraulic model to prioritize secondary canal maintenance inputs: results from Punjab, Pakistan. *Irrig. Drain. Syst.* 10(4): 377-392.
38. van Waijjen E. G., W. W. H. Hart, M. Kuper, and R. Brower. 1997. Using a hydrodynamic model to plan maintenance activities and improve irrigation water distribution: application to the Fordwah distributary in Onjab, Pakistan. *Irrig. Drain. Syst.* 11(4): 367-386.
39. Lamaddalena, N., and J. A. Sagardoy. 2000. Performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems. FAO Irrigation and Drainage Paper 59. Rome, Italy: FAO.
40. Pereira, L. S. 2003. *Policies for Water Savings in the Yellow River Basin: A KDS Applied to Ningxia and Shandong*. INCO-DC Project n ERBIC18CT970170. Final Report Papers and Publications (CD-ROM).
41. Pereira, L. S., A. Terrier, M. Ait Kadi, and P. Kabat, eds. 1992. *Crop-Water Models*. Special issue of the ICID Bulletin, New Delhi, India: ICID.
42. Pereira, L. S., B. van den Broek, P. Kabat, and R. G. Allen, eds. 1995. *Crop-Water Simulation Models in Practice*. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Press.
43. Gowing J. W., and C. J. Ejieji. 2001. Real-time scheduling of supplemental irrigation using a decision model and short-term weather forecasts. *Agric. Water Manag.* 47: 137-153.
44. Fernandez J. E., C. Slawinski, F. Moreno, R. T. Walczack, and M. Vanclooster. 2002. Simulating the fate of water in a soil-crop system of a semi-arid Mediterranean area with the WAVE 21 and the EURO_ACCESS-II models. *Agri. Water Manag.* 56: 113-129.
45. van Dam J. C., J. Huygen, J. G. Wesseling, R. A. Feddes, P. Kabat, P. E. V. VanWalsum. 1997. *SWAP Users Manual: Simulation of transport Processes in Soil—Water—Atmosphere—Plant environment*. Wageningen, The Netherlands: Dept. of Water Resources, Wageningen Agric. University.
46. Homace M., R. A. Feddes, and C. Dirksen. 2002. Simulation of root water uptake. III. Non-uniform transient combined salinity and water stress. *Agric. Water Manag.* 57: 127-144.
47. Ma, L., and H. M. Selim. 1997. Physical non-equilibrium modeling approaches to solute transport in soils. *Advances in Agronomy* 58: 95-150.
48. USDA. 2006. RZWQM Root Zone Water Quality Model. Accessed February 2006, from <http://gpsr.ars.usda.gov/products/rzwqm.htm>.
49. Ahuja, L. R., K. W. Rojas, J. D. Hanson, M. J. Shaffer, and L. Ma, eds. 1999. *Root Zone Water Quality Model, Modeling Management Effects on Water Quality and Crop Production*. Highlands Ranch, CO: Water Resources Publications, LLC.

50. Cameira, M. R., L. Ahuja, R. M. Fernando, and L. S. Pereira. 2000. Evaluating field measured soil hydraulic properties in water transport simulations using the RZWQM. *J. Hydrology* (236)1-2: 78-90.
51. ISED. 1989. *Surface Irrigation Simulation Software. User's Guide*. Logan, UT: Irrigation Software Engineering Div., Dept. Agricultural and Irrigation Eng., Utah State University.
52. Strelkoff, T. 1993. *SRFR, A Computer Program for Simulating Flow in Surface Irrigation Furrows-Basins-Borders*. Phoenix, AZ: USDA-ARS Water Conservation Lab.
53. Pedras, C. M. G., and L. S. Pereira. 2001. A simulation model for design and evaluation of microirrigation systems. *Irrigation and Drainage* 50(4): 323-334.
54. Zimmer, D. (guest editor) 1995. Towards a better applicability of drainage models. *Irrigation and Drainage Systems* 9(3).
55. Kupper, E., E. P. Querner, J. A. Morabito, and M. Menenti. 2002. Using the SIMGRO regional hydrological model to evaluate salinity control measures in an irrigation area. *Agric. Water Manag.* 56: 1-15.
56. Skaggs, R. W. 1980. *DRAINMOD: Methods for design of drainage-water management systems for soils with high water tables*. Ft. Worth, TX: United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, South National Technical Center.
57. Konyha, K. D., and R. W. Skaggs. 1992. A coupled field hydrology—Open channel flow model: Theory. *Trans. ASAE* 35(5): 1431-1440.
58. McCarthy, E., J. W. Flewelling, and R. W. Skaggs. 1992. A hydrologic model for a drained forested watershed. *J. Irrigation and Drainage Engineering* 118(2):242-255.
59. Kandil, H. M., R. W. Skaggs, S. Abdel-Dayem, and Y. Aiad. 1993. DRAINMOD-S: Water management model for irrigated lands, crop yield and application. *Subsurface Drainage Simulation Models, Transactions of Workshop, 15th Congress ICID*, ed. E. Lorre, 257-275.
60. Amatya, D. M. 1993. Hydrologic modeling of drained forested lands. PhD thesis. Raleigh, NC: North Carolina State University.
61. Breve, M. A. 1994. Modeling movement and fate of nitrogen in poorly drained soils. PhD thesis. Raleigh, NC: North Carolina State University.
62. Fernandez, G. P., G. M. Chescheir, R. W. Skaggs, D. Amatya, and F. Birgand. 1997. Development and field testing of a watershed scale DRAINMOD based hydrology and water quality model. St. Joseph, MI: ASAE.
63. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2002. Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources (BASINS). Accessed February 2003, from <http://www.epa.gov/waterscience/basins/basinsv3.htm>.
64. IBSNAT. 1992. Decision Support System for Agrotechnology Transfer. Version 3.5. Honolulu, HI: University of Hawaii.
65. Friedman-Hill, E. 2003. JESS. Sandia National Laboratories. Accessed February 2003, from <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>.
66. Riley, G. 2002. CLIPS, NASA. Accessed February 2003, from <http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>.
67. Hoges, H. F., F. D. Whisler, S. M. Bridges, K. R. Reddy, and J. M. McKinion. 1998. Simulation in crop management: GOSSYM/COMAX. *Agricultural Systems Model and Simulation*, eds. R. M. Peart, and R. B. Curry, 235-281. New York, NY: M. Dekker, Inc.
68. Rafea, A., and J. Striklen. 1996. Neper Wheat. Accessed February 2003, from <http://potato.claes.sci.eg/claes/wheat.htm>.

69. Jirka, G. H., R. L. Doneker, and T. O. Barnwell. 1991. CORMIX: A comprehensive expert system for mixing zone analysis of aqueous pollutant discharges. *Water Science and Technology* 24(6): 267-274.
70. Zazueta, F. S., W. Huisman, and A. G. Smajstrla. 1996. An expert system for diagnosis and treatment of bacterial clogging in microirrigation. *Proc. FLAIRS*, 410-414. Key West, FL: FLAIRS.
71. Leenhardt D., and P. Lemaire. 2002. Estimating the spatial and temporal distribution of sowing dates for regional water management. *Agric. Water Manag.* 55: 37-52.
72. Xin, J., F. S. Zazueta, A. G. Smajstrla, T. A. Wheaton, J. W. Jones, P. H. Jones, and D. D. Dankel II. 1997. CIMS: An integrated real-time computer system for citrus microirrigation management. *Applied Engineering in Agriculture* 13(6):785-790.
73. Odhiambo, L. O., R. E. Yoder, D. C. Yoder, and J. W. Hines. 2001. Optimization of fuzzy evapotranspiration model through neural training with input-output examples. *Trans. ASAE* 44(6): 1635-1633.
74. Beck, H. W. 2002. Overview of Formal Languages for Ontologies. AOS Workshop. Gainesville, FL May 2002. Accessed February 2003, from <http://fao.org/agris/aos/Workshops/ThirdWorkshop/Beck/beckintro/>.
75. Zazueta, F. S., P. Vergot III, H. W. Beck, and J. Xin. 2002. Use of personal digital assistants (PDAs) in agricultural extension programs. *Proc. of the Third Asian Conference on Information Technologies in Agri. Ed.*, 358-362. Beijing, China: Mei Fangquan, China Agricultural Sciencetech Press.
76. Cross, P. 2003. Welcome to water Conserv II. Accessed February 2003, from <http://www.waterconservii.com/index.html>.
77. TecTra/DICARTU. 1985. Manual del Usuario. SICODE: Sistema Computacional Para la Distribucion Eficiente del Agua de Riego. TecTra/DICARTU. Guadalajara, México.
78. Roost, N., A. Musy, J. M. Lance, and Y. Cui. 2001. Framework of a prototype KDS for improved irrigation management in the Yellow River Basin. *International Conference on Agricultural Science and Technology, Vol. 6:Information Technology for Agriculture, ICAST*, eds. M. H. Wan, L. J. Han, T. W. Lei, and B. J. Wang, 406-412. Beijing, China: Ministry of Science and Technology.
79. Roost, N. 2003. *Strategic options analysis in surface irrigation systems: Integrated modeling for efficient, productive and equitable water use*. Thesis report No. 2641.