

AKARSU DALLANMA DERECELERİ KULLANILARAK SU KALİTESİ GÖZLEM AĞI TASARIMI

Yılmaz İÇAĞA

AKÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, AFYON

ÖZET

Su kalitesi gözlem çalışmaları çoğu zaman gözlemden beklenileni sağlamamaktadır. Bu sebeple, sonuçlar araştırmacılar arasında münakaşalı kalmaktadır.

Su kalitesi gözlem çalışmaları; Eş zamanlı örnekleme, sinoptik etüd ve araştırma amaçlı olup belli bir akarsu veya akarsu bölümleri bazında yürütülen olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

Akarsularda kalite gözlemi için akarsuyun topografik yapısına dayanan Akarsu dallanma dereceleri kullanılarak geliştirilmiş olan Ardışık Örnekleme Planı Gediz Nehri havzasında uygulanmıştır. Sabit istasyonla Eş Zamanlı Örnekleme yapılması halinde gereken istasyon adedi ile Ardışık Örnekleme Planı birlikte değerlendirilerek optimum istasyon adedini veren karışık plan elde edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su Kalitesi, Dallanma Derecesi, Ardışık Örnekleme, Dallanma Oranı

WATER QUALITY MONITORING NETWORK DESIGN USING STREAM BIFURCATION DEGREE

ABSTRACT

Most of the water quality monitoring studies don't provide what expected for observation. For this reason, the results stay in dispute among researchers. Water quality monitoring studies are divided into three groups as simultaneous sampling plan, synoptic surveys and researching purpose which proceed on a definite stream or stream sections basis.

Sequential sampling plan which is developed for quality observation in streams using stream bifurcation degree depended on topographic structure

of stream has been applied. The necessary station number in case of simultaneous sampling with fixed station and sequential sampling plan was assessed together and so it is wanted to find out mixed plan that gives optimum station number.

Key Words: Water Quality, Bifurcation Degree, Sequential Sampling, Bifurcation Rate

1.GİRİŞ

Çevresel verilerin önemi bunların çevre hakkında bizim tek bilgi kaynağımız olduğu gerçeğinde yatmaktadır. Veriler gerçek olay ile bizim son derece karmaşık olan çevresel işlemleri anlama, yorumlama ve değerlendirmemiz arasında bağlantı teşkil eder. Böylece veri toplanması ve bilgi üretimi bütün yönetim ve kontrol çabalarına göre insan tarafından yapılan en kesin aktivitedir. Uygun ve güvenilir veriler çevresel işlemler üzerindeki bilgimizin artmasına hizmet edebilir ve bunun yardımıyla belirsizlikler azaltılır; halbuki bu tip verilerin eksikliği hatalı yorumlara ve kararlara götürür [1].

Genelde çevre verilerine şunları açığa çıkarmak için ihtiyaç duyulur:

- a- Çevresel işlemleri daha iyi anlamak için bu işlemlerin karakteristiklerinin genel doğası ve eğilimleri;
- b- Çevresel işlemlerdeki genel eğilimler üzerindeki doğal ve insan kaynaklı faktörlerin etkileri;
- c- Kirlilik kontrol ölçümlerinin verimliliği;
- d- Yürütülen kalite kontrol ölçümlerinin sonraki amaçları için kalite standartlarıyla ortaya çıkan çevresel kalite karakteristiklerinin uygunluğu.

Ayrıca çevre verileri şu girdiler için temeldir:

- a- Çevresel etki değerlendirmesi;
- b- Geniş bir alanda genel Akarsu kalitesi şartları veya "genel gözlem"in değerlendirilmesi;
- c- Çevresel yöntemlerin (işlemlerin) modellenmesi [2].

Yukarıdaki sonuçların hepsinde kesin olan nokta uygun ve yeterli çevresel verilerin olması ve toplanan verilerden bilginin tamamen elde edilmesidir.

Geniş bir alanda veya akarsu havzasında su kalitesinin zaman ve konuma göre değerlendirilebilmesi için, izleme faaliyetlerinin bir ölçüm ağı

çerçevesinde sürdürülmesi gerekir. Bir ölçüm ağı belirli su kalitesi değişkenlerini seçilen ölçüm sıklıklarıyla izleyen, seçilen konumlarda birbirleriyle koordinasyonlu olarak çalışan belirli sayıdaki istasyondan oluşur. İstasyonlar arası koordinasyon ise, ölçüm konumlarının, sıklıklarının ve izlenecek değişkenlerin uygun olarak seçilmesiyle sağlanabilir [3].

Mevcut su kalitesi verilerinde gözlenen problemler ve mevcut gözlem ağlarının noksanlıkları tasarımcı ve araştırmacıları kullanılan tasarım yöntemleri üzerinde daha kritik olarak odaklaşmaya yönlendirmiştir. Gelişmiş ülkeler ağlarını 20 yıldan fazla çalıştırdıktan sonra gözlem programlarının değerlendirilmesi ve yeniden tasarımına ihtiyaç hissetmişlerdir. Gelişmekte olan ülkeler hala oldukça yeni başlayan ağlarını geliştirmeye çalışmaktadırlar; henüz bunlar aynı zamanda şimdiye kadar neyi başardıklarını ve bu noktadan sonra nasıl ilerlemeleri gerektiğinin değerlendirilmesini gerekli bulmaktadırlar. Hem gelişmiş hem gelişmekte olan ülkeler açısından ana problem su kalitesi gözlem ağlarının değerlendirilmesi ve tasarımında tatbik edilecek genel olarak onaylanan prensiplerin bulunmamasıdır [4].

Su kalitesi gözlemleri üzerinde yapılan bütün gayretlere rağmen mevcut ağların halihazır durumu elde edilen faydaların düşük olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle çoğu gözlem uygulamaları gözlemden beklenilene sağlamamaktadır. Böylece sonuç uygulayıcılar, karar vericiler ve değişik sebepler için araştırmacılar arasında münakaşalı kalmaktadır. Bu sebeplerden birincisi, tasarım amaçlarının özel etkilerinin sıklıkla gözden kaçmasıdır. Yani gözlem amacı ve her bir amacın bilgi beklentileri açıkça tanımlı değildir. İkincisi, geçici ve uzaysal örnekleme frekanslarının, gözlenecek değişkenlerin ve örnekleme periyodunun seçiminde zorluklar vardır. Üçüncüsü, gözlem faydaları güvenilir fayda/masraf analizi için nicelik terimleriyle tanımlanmamıştır. henüz bu problemleri çözebilmek için kesin kriter ortaya çıkmamıştır [4].

Gelişmiş izleme sistemlerine ve veri bankalarına sahip olan Amerika Birleşik Devletlerinde NWQAP (National Water Quality Assessment Program) adlı program çerçevesinde üç tip izleme faaliyeti planlanmıştır. Bunların birincisi, sabit istasyonlarda yapılan izlemedir. Bu tür istasyonlardan çok sayıda su kalitesi değişkeninin sistematik sıklıklarla gözlenmesi ve özellikle zamana göre değişim eğilimlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. İkinci grup izleme faaliyetleri, sınırlı bir gözlem süresi içinde belirli değişkenlerin, belirli bir bölgede ve çok noktada

gözlenmesini içermektedir. Bu çalışmalara "sinoptik etüd (synoptic surveys)" adı verilmekte ve bir alan üzerinde belirli değişkenler açısından genel durumun belirlenmesi amaçlanmaktadır. Üçüncü grup izleme faaliyeti ise doğrudan araştırma amaçlı olarak düşünölmekte ve belli bir akarsu veya akarsu bölümleri bazında yürütölmeleri planlanmaktadır [3].

Akarsu çıkışında bulunan herhangi bir bileşimin kaynağını bulmak için bir örnek alınmadan önce, önceki örneğin analiz edilmesi kaydıyla ardışık örnek alma işlemi Ardışık örnekleme olarak tanımlanmaktadır. Sharp (1971), ilk defa Horton (1945) tarafından geliştirilen Akarsu Dallanma Derecelerini temel alarak Akarsu Ağı Merkezi, Akarsu Dallanma Oranı tanımlamış ve Ardışık Örnekleme Planını ileri sürmüştür [5, 6]. Sharp tarafından geliştirilen yöntem Amerika Birleşik Devletlerinde Edisto nehri havzasında uygulanmıştır. Uygulamada sabit istasyonlarla Eş Zamanlı Örnekleme yapılması için gereken istasyon adedi ile Ardışık Örnekleme Planı arasında optimizasyon yapılarak Edisto nehri için optimum istasyon adedi verilmiştir [6].

Bu çalışmada Gediz nehri havzasında, aynı zamanda NWQAP da öngörölen birinci ve üçüncü izleme faaliyetini kapsayan Sharp yöntemi uygulanmıştır. Uygulamada havza için Akarsu Dallanma Dereceleri ve Akarsu Dallanma Oranı belirlenerek Ardışık Örnekleme Planı geliştirilmiş, tüm akarsuyun Eş Zamanlı gözlenebilmesi için gerekli olan sabit istasyon adedi ile Ardışık Örnekleme Planı arasında optimizasyon için Sharp'ın uyguladığı teknikten farklı bir yaklaşım verilmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. Akarsu Dallanma Dereceleri

İlk defa Horton (1945) tarafından ileri sürölen akarsu dallanma dereceleri akarsuyun topografik açıdan hiyerarşisini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu yöntemde akarsuyun kolları ve bu kolları birbirine bağlayan iç bölümler sırasıyla dış bağlantı ve iç bağlantı olarak adlandırılır. Yöntemde dış bağlantıların derecesi 1 (bağlantı büyüklüğü (M)) olarak atanır. İç bağlantıların dereceleri ise membalarındaki bağlantıların derecelerinin toplanmasıyla belirlenir (Şekil 1). Buna göre herhangi iki bağlantı, ister iç ister dış olsunlar M_1 ve M_2 büyüklüğe sahip olduğunda mansaptaki iç bağlantının büyüklüğü M_1+M_2 olarak bulunur.

Haritadan bir iç bağlantı silindiğinde akarsu ağı aşağı ve yukarı havza olarak adlandırılan iki bölüme ayrılır. Her iki alt havzanın çıkışlarındaki dallanma dereceleri sırasıyla M_a ve M_y ile gösterildiğinde M_a ve M_y toplamı ana havza çıkışındaki toplam dallanma derecesine (M_c) eşit olur. Alternatif bölünmeler



Şekil 1. Akarsu dallanma dereceleri ve akım ağı merkezleri ((a) Akarsu dallanma dereceleri; (b), (c), (d) Akarsu çıkışındaki bileşiğin ardışık akım merkezleri ile bulunması).

neticesinde elde edilen M_a ve M_y değerlerinden her zaman büyük olanı dikkate alınmak kaydıyla en küçük değer elde edildiğinde Akarsu ağının merkez bağlantısı bulunmuş olur. Bütün düğüm noktalarının (çatal) iki memba ve bir mansap olmak üzere üç bağlantıdan oluşması halinde akım ağı merkez büyüklüğünün (M_m) sınırları $M_c/3 \leq M_m \leq 2M_c/3$ olur [6].

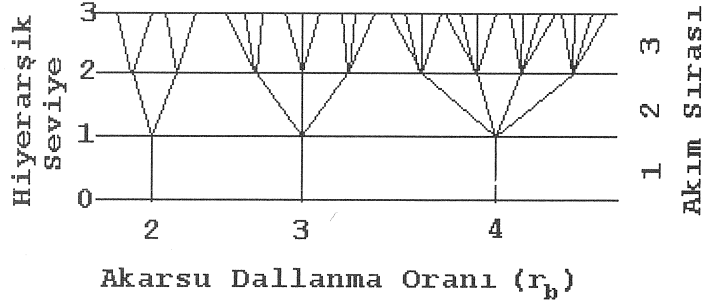
2.2. Akarsu Dallanma Oranı

Akarsuyun Akarsu hiyerarşisi için memba ve mansaptaki bağlantı (iç veya dış) adedi arasındaki oran olarak tanımlanabilen Akarsu Dallanma Oranı

Sharp [5] tarafından

$$r_b = N_{i+1} / N_i \quad (1)$$

eşitliği ile verilmiştir. Burada N_i : i 'nci akarsunun dallanma derecesi ve r_b : akarsunun dallanma oranıdır (Şekil 2).



Şekil 2. Değişik dallanma oranları (r_b) için dallanma sistemleri [5].

2.3. Ardışık Örnekleme Planı

Bir havza çıkışında alınan örnekte kirlilik göstergesi olarak belirlenen bir değişken bulunursa her bir örnek bir sonraki alınmadan önce analiz edilmek koşuluyla alınan ardışık örneklerle kirlilik kaynağı belirlenebilir. Eğer akarsuyun dallanma oranı (r_b) biliniyorsa Sharp [6] kirlilik kaynağını bulmak için alınması gereken örnek adedini

$$S = \log_{r_b} M_c \quad (2)$$

olarak vermiştir. Burada r_b : akarsu dallanma oranı ve M_c : havza çıkışındaki toplam dallanma derecesidir.

Ardışık örnekleme işleminde akım ağı merkezinden bir örnek alınır ve analiz sonucuna göre akım ağının yarısı elenir. Ağın kalan kısmının merkezinden alınan örneğin analiz sonucuna göre bir kısmı daha elenir. Bu işlem kirlilik kaynağının bulunduğu bağlantıya kadar devam eder (Şekil 1).

3. GEDİZ NEHRİ HAVZASI İÇİN SU KALİTESİ GÖZLEM AĞI TASARIMI

3.1. Ardışık Örnekleme Planı

Yöntemin uygulanması için Gediz Nehri havzası seçilmiştir. Nehrin kolları 1/500 000 ölçekli topografik haritadan belirlenmiştir. Havza çıkışındaki dallanma derecesi $M_c=98$ olarak belirlenmiş ve merkez

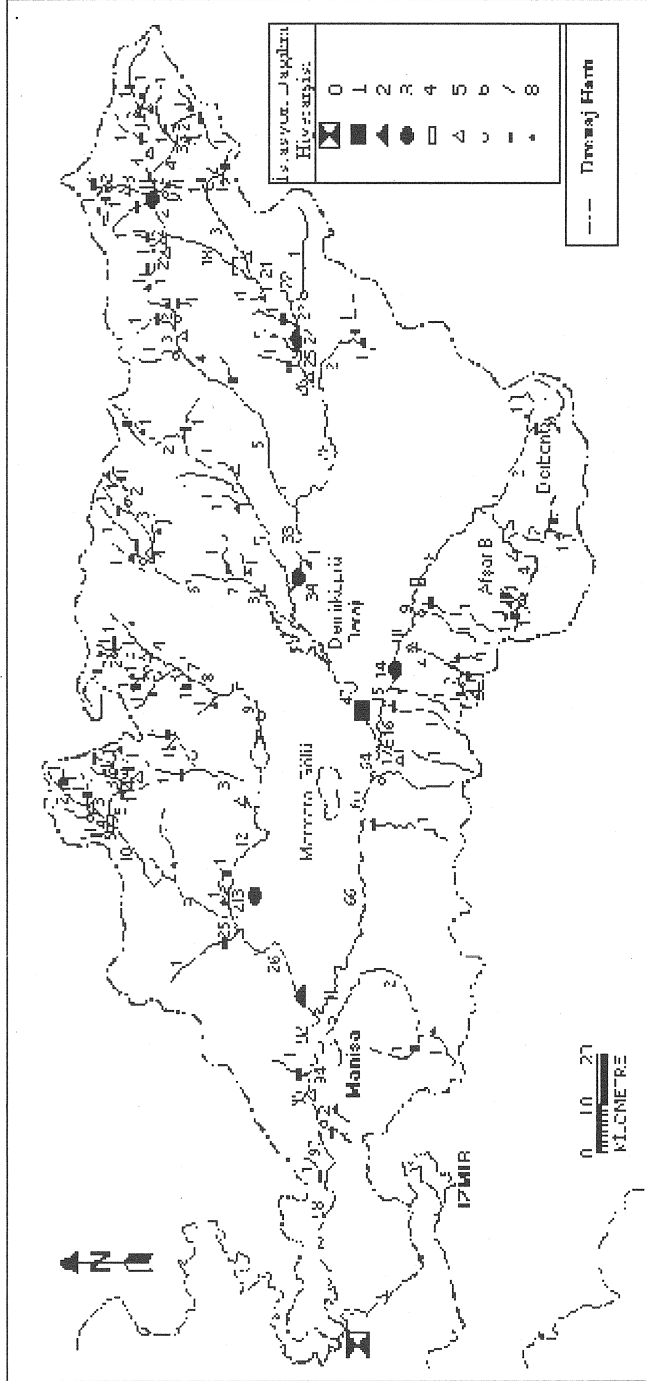
bağlantı büyüklüğü (M_m) için en uygun yer olarak mansap büyüklüğü 51 olan, 47 büyüklüğüne sahip Demirköprü Baraj çıkışı seçilmiştir (Şekil 3). Memba kısmı büyüklükleri 23 ve 24, mansap kısmı büyüklükleri 25 ve 26 olan ikişer bölüme ayrılmıştır. Bu bölümlerde sırasıyla büyüklükleri 10-13; 11-13; 11-14 ve 13-13 olacak şekilde bölünmüş, bölme işlemi büyüklük 1 oluncaya kadar devam etmiştir.

3.2. Ardışık ve Eş Zamanlı Örnekleme Planlarının Optimizasyonu

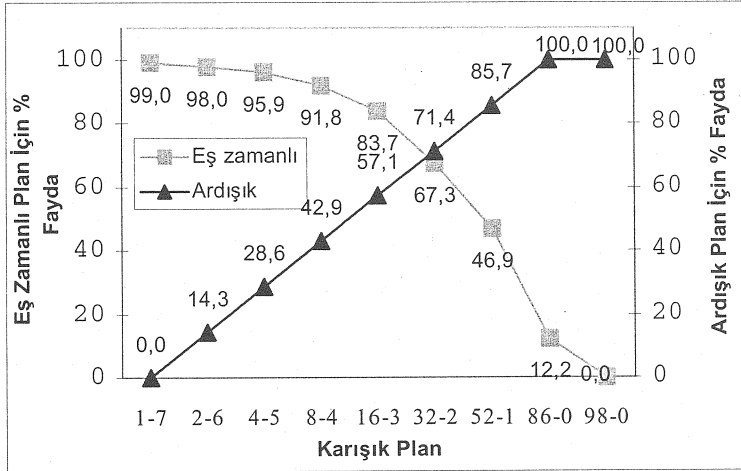
Gediz Nehri havzası için akarsu dallanma oranı 2 ve havzadaki enbüyük dallanma derecesi 98 olduğundan havza çıkışında bulunan herhangi bir bileşiğin kaynağını bulmak için $S=1+\log_2 98 \cong 7$ adet ardışık örnekleme gerekecektir. Büyüklüğü 47 olan bir bağlantıda 1 tane istasyonun kurulması kalan ardışık testlerin sayısını 6 ya indireceğinden araştırmada %14,3 oranında bir azalış olacaktır. Buna karşı eş zamanlı plan için gerekli olan 98 adet istasyon sayısı 86'ya düşecek %12,2 oranında fayda sağlanacaktır. 24 ve 26 büyüklüğündeki bağlantılarda iki istasyonun ilavesiyle ardışık testlerin sayısı 5'e inecek ve ardışık işlemler %28,5 kadar azalacak; eş zamanlı istasyon adedi 46 düşerek %46,9 oranında fayda sağlanacaktır. Ardışık örnekleme planı ile eş zamanlı örnekleme planı arasındaki bu ilişki, karışık örnekleme planının karışık plan ortak ekseninde, ardışık ve eş zamanlı örnekleme planlarının ise ayrı iki ekseninde olduğu grafik ile incelendiğinde; 2 ardışık örnekleme ve 32 adet sabit istasyon ile eş zamanlı gözlemi içeren karışık örnekleme planında maksimum faydanın elde edildiği görülmektedir (Şekil 4).

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Ardışık örnekleme ile bir araştırmayı başarmak her zaman mümkün olmayabilir; dolayısıyla düzenli, eşit aralıklı yer almış ve ardışık araştırmanın bazı fonksiyonlarına sahip sabit gözlem istasyonlarının tesis



Şekil 3. Gediz Nehri Havzasında, kırillik kaynağının araştırılması için ardışık örnekleme yerlerini gösteren ardışık örnekleme planı.



Şekil 4. Ardışık ve Eş zamanlı örnekleme planı optimizasyonu.

edilmesi mantıklı olacaktır. Eğer Gediz havzasının tam gözlemi istenirse 98 adet istasyonun kurulması gerekir. Bu sayı daha büyük havzalarda daha da artacaktır. Böyle büyük sayıda istasyonun işletmesi sadece mali bakımdan problemlidir ve aynı zamanda muhtemelen gereksizdir. Uygulamada düzenli, eşit konumda yer almış istasyonlarda eş zamanlı örnekleme ve ardışık örnekleme arasında bir optimizasyon daha mantıklı görünmektedir. Bu tip karışık örnekleme ile konumlar arası ardışık seyahatin azalması şeklinde pratik avantajın yanında aynı zamanda kirliliğin birden fazla kaynaklarının araştırılması ve kimyasal reaksiyonlar, sulandırma etkileriyle kayıp veya rezervuarlar dolayısıyla ortaya çıkan yanlığının azaltılabileceği araştırmalar yapılabilir.

Eş zamanlı bir plan için nehir havzası eşit büyüklükteki parçalara bölünerek basitçe elde edilir. Aralıkların sayısı gözlenecek olaya ve maliyete göre kararlaştırılır. Yerleştirilen istasyon adedine yeni istasyon ilave edilmek istendiğinde eski istasyonların yerlerinin değiştirilmemesi istenir. Bu problemten sakınmak için eş zamanlı planlamada ardışık örnekleme için önceden bulunan istasyon yerlerinden faydalanılması gerekir.

Karışık örnekleme planını için uygulanan optimizasyon yaklaşımı herhangi ilave veri olmaması için uygulanabilir. İstasyon işletme maliyeti, tesis maliyeti veya ardışık örneklemede seyahat maliyeti gibi

verilerin olması halinde bu verilerin hesaba katılması ile daha geçerli bir çözüme ulaşılabileceği mümkün olacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Harmancıoğlu, N.B., Singh, V.P., & Alpaslan, N., Design of water quality monitoring networks, R.N. Chowdury (Editor), Geomechanics and Water Engineering in Environmental Management, A.A. Balkema Publishers, Rorherdam, 267-296 (1992).
2. Harmancıoğlu, N.B., The need for integrated approaches to environmental data management, NATO Advanced Research Workshop on Integrated Approach to Environmental Data Management Systems, İzmir, Turkey (1996).
3. Harmancıoğlu, N., Alpaslan, N., Alkan, A., Özkul, S., Alpaslan, A., Barlas, S., Mazlum, S., & Singh, V. (Danışman), Su Kaynaklarının Yönetimi ve Kirlilik Kontrolünde Su Kalitesinin İzlenmesi, Değerlendirilmesi ve Gözlem Ağı Tasarımı, DEBAG 23 Proje Raporu, İzmir (1994).
4. İçağa, Y., Spatial optimization of hydrometric data networks by systems analysis techniques, Ph.D. Thesis, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 164 s (1998).
5. Sharp, W.E., Stream Order As a Measure of Sample Uncertainty, Water Resources Research, 6(3), 919-926 (1970).
6. Sharp, W.E., A Topologically Optimum Water-Sampling Plan for Rivers and Streams, Water Resources Research, 7(6), 1641-1646 (1971).