HÂREZMÎ'NİN ESERLERİNİN İSTANBUL YAZMALARI

A. A. AHMEDOV, J. AD-DABBÂGH, B. A. ROSENFELD*

Türkçeye Çeviren: MELEK DOSAY**

Hârezmî'nin ($\approx$ 783 $\approx$ 850) iki astronomik eserinin İstanbul yazmalarının mevcudiyetine F. Sezgin tarafından "Geschichte des Arabischen Schrifttums" adlı eserinin altıncı cildinde ilk defa işaret edilmişti [1, s. 143]; F. Sezgin Hârezmî'nin astronomi eserlerinin yazmalarını sayarken, "Muḥammad ibn Mûsâ el-Ḫârezmî'nin çalışmalarında parlak düşünceler: Usturlab kullanarak azimut'un belirlenmesi" ve "Muḥammad ibn Mûsâ el-Hârezmî tarafından düzlemsel güneş saati üzerinde saat işaretlerinin çizimi," İstanbul'un Süleymaniye Kütüphanesinde Ayasofya 4830 numarada kayıtlı mecmuanın 198b–199b, ve 231b-235a sayfaları arasında bulunan bu iki risaleyi zikr ediyor. Bu makalenin yazarlarından biri olan J. ad-Dabbâgh 1983'de bu iki eseri yeniden kopya etti, ve bunları Rusça'ya tercüme etti, şerhleri ile birlikte yayınladı [2, s. 216-234].

1. *Ayasofya* 4830 *Numarada Kayıtlı Yazma*

Ayasofya Kütüphanesindeki 4830 numaralı yazma M. Krause [3] ve Y. Dold-Samplonius [4] tarafından incelenmiştir. Bu yazma çok sayıda tek tek risale ihtiva etmektedir: Apollonius'un "Bir doğru parçasının verilen bir oranda kesilmesi hakkında kitabı"nın Arapça tercümesi (s. 2a-52b); meşhur filozof Kindî'nin üç matematik eseri "En mükemmel sanat üzerine kitap", "Zihinde tasavvur edilen birtakım sayıların belirlenmesi üzerine inceleme", ve ulaşılamayan

* Dr. Ashraf A. Ahmedov, Şark İncelemeleri Enstitüsü, Taşkent. Dr. J. ad-Dabbâgh, Prof. Dr. Boris A. Rosenfeld, Bilim ve Teknoloji Tarihi Enstitüsü, Moskova.

** Melek Dosay, Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Bilim Tarihi Araştırma Görevlisi.

Tercümede ve konuyu anlamada karşılaştığım güçlüklerde kıymetli yardımlarını esirgemeyen Sayın hocam Ord. Prof. Dr. Aydın Sayılı'ya içten teşekkürlerimi sunarım.

objeler için uzaklıkların belirlenmesi hakkında bir inceleme (bakınız, [5, c. 2, s. 67] (s. 53a-86b, 204b-210b); geometrik cebir üzerine kimin tarafından yazıldığı belli olmayan bir inceleme (s. 86b-89a); Aqâtun'un "Faraziyeler kitabı" İngilizce tercümesi ile yayınlanmıştır [4] (s. 89b-102b); Theodosius'un "Küreler"inin bir kısmı (s.102b); sayılar teorisi üzerine kimin tarafından yazıldığı bilinmeyen bir inceleme (s. 103a-108b)'; S̱âbit ibn Ḳurra'nın dost sayılar üzerine incelemesi, ki bu eser bir başka yazmasından G. P. Matvievskaya tarafından Rusça'ya tercüme edilmiştir [6] (bakınız, [5, c. 2, s. 86-87]) (s. 110a-121b); Ahmad ibn as-Surâ'nın sekiz tane matematik, astronomi, ve mantık eseri (bakınız [5, c. 2, s. 332-334]) (s. 122b-160a); Wîjan al-Kûhî'nin sekiz tane geometri eseri (bakınız [5, c. 2, s. 189-193]) (s. 161a-182a); üzerinde daha ayrıntılı duracağımız eserler (s. 183a-199b ve 228b-235a); Muḥammad eş-Şebbâḥ'ın güneş saati üzerine incelemesi (bakınız [5, c. 2, s. 59]) (s. 200a-204a); yukarıda söz konusu edilen Kindî'nin ulaşılamayan objeler için uzaklıkların belirlenmesi hakkındaki eseri ve Abû Bakr ibn 'Âbis, En-Neyrîzî, ve Ar-Rayyî'nin aynı mesele üzerine olan eserleri (bakınız [5, c. 2, s. 117, 257, ve 296]) (s. 210b-227b). Yazma 1229–1232'de istinsah edilmiştir, fakat içindeki risalelerin büyük çoğunluğu 9-10. yüzyıllarda yazılmıştır, en geç tarihlileri — İbn as-Surâ'nın risaleleri — 12. yüzyılın ilk yarısındadır. Ne Krause ne de Dold-Samplonius Hârezmî'nin bu eserlerinden söz etmemişlerdir; Krause, s. 228b-235a' daki risaleleri meçhul bir risale olarak düşünmektedir.

2. *Hârezmî'nin Ayasofya Yazma Kütüphanesindeki* 4830 *Numaralı Yazmada Bulunan Risaleleri*

Hârezmî'nin adı, yalınızca yukarıda sözü edilen iki risalede görünüyor. Bu yazmanın s. 182a-199b ve s. 228b-235a'sında bulunan bütün bu risale gruplarının Hârezmî'ye ait olduğu gerçeği D. A. King [7] tarafından dildeki yakın benzerliğe ve bu risalelerde incelenen konulara dayanılarak tespit edilmiştir, King'in söylediğine şu da ilâve edilmelidir ki, "tam sinüs" değerinin (trigonometrik çemberin yarıçapı) 150'ye eşit olması, ki bu Brahmagup'tadan ödünç alınmıştı, Hârezmî zamanı için ayırt edici bir özelliktir. (Benzer bir şey Preussischer Kulturbesitz [Batı Berlin] Kütüphanesinin yazmalar No. 5793'de Hârezmî'nin incelemelerinin Berlin yazmasında mevcuttur, ki bu Hârezmî'nin usturlabın tertibi üzerine, usturlabların kullanımı üzerine, güneş saati üzerine, ve sinüs kadranı üzerine incelemelerini kısmen veya tamamen ihtiva etmektedir, bunlar arasında Hârezmî'nin adı, yalınız, usturlabların kullanımı üzerine olan incelemede yazılıydı, bu risalenin J. Frank [8] tarafından Almanca tercümesi yayınlanmıştır, ve G. P. Matvievskaya [9 s. 255-266] tarafından Rusça tercümesi yayınlanmıştır—Bakınız [7, s. 23-31] ve [2, s. 151-154]).

D. A. King, Beyrûnî'nin Özbek SSR (Taşkent) Bilim Akademisinin Doğu Araştırmaları Enstitüsünde No. 177/3 (s. 148a-151a)[7, s. 12-13]'deki yazmasının da Hârezmî tarafından yazıldığı gerçeğini de saptadı. King, yazarı meçhul olan bu inceleme ile Hârezmî'nin kıble yönünün tayini hakkında olan İstanbul yazması arasında metin birliği bulmaktadır. Taşkent yazması 1250 yılları civarında istinsah edilmiştir.

Ayasofya Kütüphanesindeki yazma da Berlin yazması gibi muhtelif uzunlukdaki "bölümler"e ayrılmaktadır. Aşağıda, Berlin yazması yayınında J. Frank'ın yaptığına uyarak, bu bölümlerin her birine bir numara vermekteyiz.

İlk 19 bölüm, belirli bir günde güneşin doğuş noktasının azimut'unun belirlenmesi, ve belirli bir anda güneşin azimut'unun tayini ile ilgilidir. Yukarıda söz ettiğimiz gibi, Hârezmî'nin incelemelerinin metni, Ayasofya Kütüphanesinde No. 4830'da s. 183a-199b ve s. 228b-235a'ya yerleştirilmiştir. Bununla beraber, 1. ve 2. bölümler ve 3. bölümün başı s. 228a'ya konmuştur, halbuki 3. bölümün sonu ve sonraki bölümler s. 183a ve devamı olan sayfalarda bulunmaktadır. 1. bölüm şu ad altındadır: "120 dereceye eşit olan gök küresinin çapı için Batlamyos'un yapmış olduğuna uygun olarak, herhangi bir şehirde güneşin doğuşunun azimut'unun belirlenmesi". Sonra gelen bölümler şöyledir: 2. bölüm "Güney Zodyak burçları için yükseltiden azimut'un belirlenmesi" (s. 228b); 3. bölüm "Kuzeydeki Zodyak burçları için azimut'ların belirlenmesi" (s. 228b, 183a); 4. bölüm "Azimut, gölge, ve yükselti ile yapılacak işlemlerin belirlenmesi" (s. 183a-183b); 5. bölüm "Gerek mevsim saatleri gerekse (eşit) ekinoksial saatlerden yükseltinin belirlenmesi" (183b); 6. bölüm "Azimut'un tayini" (s. 183b); 7. bölüm "Yine azimut'un tayini" (s. 183b-184a); 8. bölüm "Her saat ve her şehir için azimut'un belirlenmesi" (s. 184a); 9. bölüm "Herhangi bir şehrin güneş doğuşunun azimut'unun belirlenmesi" (s. 184a); 10. bölüm "[Bu konu üzerine] Başka bir bölüm" (s. 184a); 11. bölüm "[Bu konu üzerine] Başka bir bölüm" (s. 184a); 12. bölüm "[Bu konu üzerine] Başka bir bölüm" (s. 184a); 13. bölüm "Belli değerde yükselti için azimut'un belirlenmesi" (s. 184a-184b); 14. bölüm "Başka bir metot ile azimut'un belirlenmesi yöntemi" (s. 184b); 15. bölüm "Güneş doğuşunun azimut'unu belirleme yöntemi" (s. 184b); 16. bölüm "Ufuktan yükselen ekliptik noktasından azimut'un belirlenmesinin tavsifi" (s. 184b): 17. bölüm "Bütün Zodyak burçlarının herhangi birinin herhangi bir derecesi için, ihtiyaç duyduğunuz herhangi bir saatin azimut'unun belirlenmesi" (s. 184b-185b); 18. bölüm "Azimut'a göre saatlerin hesaplanması" (s. 185b-186a); 19. bölüm "Yine saatlere göre yükseltinin hesaplanması" (s. 186a); Bundan sonra gelen 6 bölüm, esas olarak, *kıble*'nin azimut'unun belirlenmesi ile ilgilidir. Bu bölümler şöyledir: 20 bölüm. "İstediğiniz gerhangi bir şehirde *kıble*'nin yönünün tayini" (s. 186a-186b); 21. bölüm "Meridyen çizgisinin belirlenmesi" (s. 186b); 22. bölüm "Herhangi bir enlem için yine *kıble*'nin belirlenmesi" (s. 187a); 23. bölüm "*Kıble* yönünün belirlenmesi üzerine başka bir bölüm" (s. 187a-187b); 24. bölüm "*Kıble* yönünün tayini üzerine daha kısa bir bölüm" (s. 187b); 25. bölüm "Çizelgeden *kıble*'nin azimut'unun belirlenmesi" (s. 187b-188a) 25. bölümün çizelgesinden sonra, "Gölge ve eğimlerin bir çizelgesi" ni ihtiva eden 26. bölüm gelmektedir (s. 188b).

27-31 bölümleri, muhtelif saatlere ilişkin olarak talimatlara hasr edilmiştir: 27. bölüm "Mekanik saatlerin yapımı, yani, gerek eşit gerek mevsimsel saatlerin belirlenmesi için tekne veya leğen biçimindeki kaplar aracılığı ile çalışan *binkân* ların yapımı" (s. 189a-190a); 28. bölüm "Çakıl taşı fırlatan *binkân* ların yapımı" (s. 190a-190b); 29. bölüm "Yukarı tekerlek (Su Dolabı) biçimindeki saatin yapımı" (s. 191a-192a); 30. bölüm "Saatler (in belirlenmesi) için konik güneş saatinin yapımı" (s. 192a); 31. bölüm "(Tören) *miknasa* adı verilen güneş saatinin çalıştırılması (Bu alete ilişkin olarak yapılan işlemler)" (s. 193a).

Bundan sonra, "İstediğiniz enlemde (herhangi bir) zodyak burcu için güneş doğuşunun azimut'unun geometrik çizimi" başlığını taşıyan 32. bölüm gelmektedir (s. 193b). Bundan sonra gelen üç bölüm şehirlerin enlem ve boylamlarının belirlenmesine hasr edilmiştir: Bunlar şöyledir, 33. bölüm "Bir kentin enleminin belirlenmesi"

(s. 193b-194a); 34. bölüm "Bir kentin enleminin geometrik tayini" (s. 194a); 35. bölüm "Bütün iklimlerde bulunan kentler" (163 kentin enlem ve boylamlarının bir çizelgesi) (s. 194b-196b).

Daha sonraki üç bölüm yine, astronomik ve matematiksel aletlerin tavsifine hasr edilmiştir: 36. bölüm "Saat ölçmeye yarayan kadran'ın (rubʿ) kullanılma tarzı" (s. 196b-197a); 37. bölüm "Saha çalışması için pergel" (s. 197a-197b); 38. bölüm "Elverişli aletler olmaksızın [ay] tutulmanın belirlenmesi için bir (kara) tahta" (s. 198a). Bundan sonra gelen 39. bölüm "Muḥammad ibn Mûsâ el-Hârezmî' nin çiziminde parlak düşünceler : Usturlabı kullanarak azimut'un belirlenmesi" (s. 198b-199a); ve 40. bölüm "İklimlerin enlemlerinin belirlenmesi" (s. 199a-199b).

Son 19 bölüm (bunların ilkinin başı yoktur) zaman ölçümüne hasr edilmiştir. Bunlar şöyledir: 41. bölüm "Çizelgeden namaz zamanlarının tayini" (s. 229a-229b); 42. bölüm "Herhangi bir enlem için herhangi bir günde öğle vaktinde güneşin ufuk üzerindeki yüksekliğinin tayini" (s. 229b); 43. bölüm "Çizelgeden gün'ün artık kısmının (surplus) tespiti" (s. 229b); 44. bölüm "Güneşin zenitte olduğu zamanın tayini" (s. 229b); 45. bölüm "Güneşin ikinci defa olarak (saniye cinsinden?) zenitte bulunduğu zamanın tayini" (s. 229b); 46. bölüm "Bir güneş saati mili yardımıyla günün istediğiniz herhangi bir saatine tekabül eden gölge uzunluğunun belirlenmesi" (s. 229b-230a); 47. bölüm "Namaz zamanları için saatlere tekabül eden gölge uzunluklarının tesbiti" (s. 230a); 48. bölüm "Herhangi bir günde ve herhangi bir enlemde ufka göre öğle vakti yüksekliğinin belirlenmesi" (s. 230a); 49. bölüm "Herhangi bir günde ve öğle ve ikindi zamanında güneşin ufka göre yüksekliği hakkında ek bilgi" (s. 230b); 50. bölüm "Gerçeğe uygunluğu saptanmış eğimden 34 enlem derecesi için öğle vakti güneşin ufka göre yükselmesi" (bir çizelge) (s.230b); 51. bölüm "33 enlem derecesi için güneşin ufka göre yüksekliği" (bir çizelge) (s. 231a); 52. bölüm "Muḥammad ibn Mûsâ el-Hârezmî tarafından düzlemsel güneş saatinde saatlerin ayarlanması" (s. 231b); 53. bölüm "Bir güneş saati—Bağdad için bütün zodyak burçlarının her on dakikada bir doğan bölümlerine tekabül eden gölge uzunluğunu ve azimutları belirlemeye yarayan bir güneş saati" (bir çizelge) (s. 231b-232b); 54. bölüm "İkindi zamanının Oğlak burcu, Koç burcu, ve Yengeç burcunun doğuş zamanları için ilk ve son azimutlarının ve ilk ve son gölge uzunluklarının çizelgeleri" (s. 232b); 55.

bölüm "15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 38, 40 enlemleri için güneş saati" (Oğlak ve Yengeç burçları için 1, 2, 3, 4, 5, 6 saatlerine tekabül eden yüksekliklerin, azimutların ve gölge uzunluklarının bir çizelgesi) (s. 233a-234a); 56. bölüm "Surra men Re'â (Samarra) kenti için 34 enlemi için güneş saati" (Aynı zodyak burçları için her yarım saate tekabül eden azimutların ve gölge uzunluklarının bir çizelgesi) (s. 234a); 58. bölüm "Enlemi olmayan yer, yani ekvator için güneş saati" (s. 234a-234b); 59. bölüm "Herhangi bir enlem için geometrik metod ile güneş saatinin imali" (s. 234b-235a).

39-40 ve 52-59 bölümleri bibliyografyada (2) de verilen eserde yayınlanmıştır. Gördüğümüz gibi, bölümlerin büyük çoğunluğu şu iki probleme hasr edilmiştir: Bazı doğrultuların azimutunun tayini ve vakit tayini.

Taşkent yazması şu ad altındadır: "İstediğiniz herhangi bir kentte *kıble*'nin azimutunun doğrultusunun belirlenmesi" (Ma'rifet takvîm semt el-kıble fî eyyi beled shi'ta). Bu yazma, son dördü İstanbul yazmasının 22-25 bölümlerine tıpatıp uyan beş bölümden oluşmaktadır.

3. *Kıblenin Belirlenmesi Üzerine Bir İnceleme*

Herşeyden önce ilkin, azimutların belirlenmesine ilişkin olan bu incelemelerin bazı bölümlerini gözönüne alalım. Azimut (*semt*, kelimesi kelimesine "doğrultu") ufuk düzlemi üzerindeki bir noktanın doğrultusu ile başlangıç kabul edilen bir başka doğrultu arasındaki açıdır (azimut kelimesinin menşei Arapça *es-semt*'in çoğulu olan *es-sûmut* kelimesidir). Bir gök cisminin ya da gök küresinin bir noktasının azimutu, bu noktanın ufuk düzlemi üzerindeki dik izdüşümünün azimutudur, bir gök cisminin azimutu ve ufka göre yüksekliği — bu cismin doğrultusu ile yatay düzlem arasındaki açı — gök küresi üzerinde küresel koordinat sistemlerinden birini teşkil eder, ki bu gök küresinde ufuk düzlemi ekvator olursa zenit ve nadir kuzey ve güney kutup olur. *Kıble* müslümanların başlıca kutsal yeri olan Mekke'nin yönüdür. *Kıble* yönünün bilgisi, müslümanlar namaz kılarken Mekke'ye döndükleri için camilerin inşasında gerekliydi; bu nedenle kıble azimutunun belirlenmesi müslüman memleketlerde en önemli pratik problemlerden biriydi. Verilen bir kent için *kıble* azimutu, Mekke doğrultusu ile bu kentten geçen meridyen doğrultusu arasındaki açı demektir. Güneş doğuşunun azimutu, verilmiş olan bir günde tam doğu noktasından güneş doğuşu doktasına kadar ufuk çemberinin yayı demektir. Bütün durumlarda, azimutların belirlenmesi problemleri, küresel trigonometri aracılığı ile çözülebilmiştir.

İstanbul yazmasının 20. bölümünde ve Taşkent yazmasının 1. bölümünde, *kıble* azimutunun belirlenmesinin takribi metotları verilmektedir. İlkin, belirli bir X kentinin ve Mekke'nin M enlem ya da boylamlarının eşit olduğu iki durum göz önünde bulundurulmaktadır. Bu durumlarda Hârezmî, *kıble* doğrultusu olarak sırasıyla doğu-batı ve kuzey-güney doğrultusunu almaktadır.

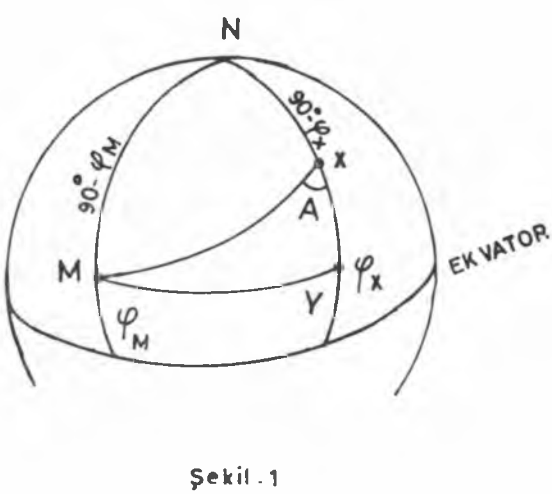
Bu kaidelerin ikincisi tam doğru, fakat ilki kaba ve yaklaşıktır. Sonra, belirli bir kentin gök küresi üzerinde Mekke'nin zenitinin yaklaşık bir tayini önerilmektedir: Bu kentlerin $\lambda_X - \lambda_M$. farkını bulun, ve bunu, İkizler Burcunun 4° ne tekabül eden gün için, yani, yaklaşık olarak, güneşin Mekke'de zenitte bulunduğu güne tekabül eden gün için gün yayının yarısından çıkarın. Önceki bölümlerde betimlenene göre, yükseklik olarak elde ettiğiniz farkı alın, ki yükseklikle azimutu belirlersiniz. Taşkent yazmasında X kentinin başka bir yaklaşık temsil şekli, *kıble* doğrultusu olarak XM çizgisinin doğrultusunun alındığı, X merkezli bir çember içinde X ve M kentlerinin enlem ve boylamları ile çizilmiştir. Biz, şimdi, burada, İstanbul yazmasının 22. bölümünde, ve Taşkent yazmasının 2. bölümündeki bu problemin trigonometrik çözümünü vereceğiz. Arapça metin şöyledir:

عمل القبلة أيضا في كل عرض

تأخذ ما بين عرض مكة وعرض البلد الذى تريد. فاجعله جيبا ثم اضربه في مثله، ثم خذ فضل ما بين طول مكة وطول مدينتك، فاجعله جيبا واضربه في جيب تمام عرض مكة، واقسمه على قن أبدا، فما خرج فهو الجيب المعدل. فاضربه في مثله وزده على المضروب في مثله الذى حفظته. فما بلغ فخذ جذره فاحفظه. ثم اضرب الجيب المعدل في قن واقسمه على الجذر. فما بلغ فقوسه واحفظه. ثم أدر في المسجد الذى تريد دائرة هندية ثم اعرف خط الزوال. فان كانت مدينتك غربية عن مكة فعد مثل تلك القوس عن خط الزوال الجنوبي الى ناحية المشرق. فحيث انتهيت فهو موضع القبلة من موضع العود الذى في وسط الدائرة. وان كانت مدينتك شرقية عن مكة فعد من ناحية المغرب وافعل كما فعلت اولا.

22. bölüm. "Herhangi bir enlem için de *kıble*'nin tayini. Mekke'nin enlemi ile bulunduğunuz kentin enlemi arasındaki farkı alın, bunun

sinüsünü alın, kendi kendisiyle çarpın, ve neticeyi aklınızda tutun. Sonra, Mekke'nin ve bulunduğunuz kentin boylamları arasındaki farkı alın, sinüsünü bulun, bunu Mekke'nin enlemini tümlevinin sinüsü ile çarpın, ve bunu 150 ile bölün. Elde ettiğiniz şey 'tadil edilmiş (tashih edilmiş) sinüs'dür. Bunu kendi kendisiyle çarpın ve aklınızda tuttuğunuz çarpıma ekleyin. Toplamın kare kökünü alın ve bunu aklınızda tutun. Bundan sonra, 'tadil edilmiş sinüs'ü en büyük sinüs ile çarpın, ve bunu az önce elde ettiğiniz köklü ifade ile bölün. Bölümün yayını alın ve bunu aklınızda tutun. Sonra, inşa etmek istediğiniz cami içine bir Hint dairesi çizin ve meridyen çizgisini belirleyin. Eğer bulunduğunuz kent Mekke'nin batısında ise, bu meridyen çizgisini güneye doğru doğu istikametinde bu yaya eşit olarak kesin. Bu yayın ulaştığı yer, çemberin ortasındaki güneş saatine (gnomon) göre *kıble*'nin yeri olur. Eğer bulunduğunuz kent Mekke'nin doğusunda ise, yayı batı istikametinde kesin ve önceki gibi aynı yoldan hareket edin." (S. 187a). Eğer, Mekke'yi, belirli kenti, ve kuzey kutbunu sırasıyla M,X, ve N harfleri ile gösterirsek, *kıble*'nin azimutu, NXM küresel üçgeninde NXM açısıdır (Şekil 1). "Tadil edilmiş sinüs" (ceyb el-mu'addal)—sinüs çizgisinin "düzeltilmesinin" sonucu, $sin\,(\lambda_X - \lambda_M) = R\ sin\,(\lambda_X - \lambda_M)$, yani $cos\varphi_M$ ile çarpımı. R "noksansız sinüs"dür, bu eserde 150 ye eşit alınan yerin yarıçapıdır; Taşkent yazmasında bu 150 sayısı yerine *cumlet el-ceyb*— "noksansız (tam) sinüs" kelimeleri kullanılmıştır. $\cos\varphi_M$ $Cos\varphi_M \cdot R$'dir. Bu çar-



Şekil - 1

pan, Mekke'nin paralelinin, arz küresinin büyük dairesinin çizgisel boyutlarına tekabül eden çizgisel boyutlarını elde etmek için, arz küresinin büyük dairesinin çizgisel boyutları ile çarpılması gereken sayıyı göstermektedir.

Burada verilen bu metod düzlem trigonometriye dayanmaktadır, yani, arz yüzeyinin bu kısmı M ve X kentleri ile düzlem farz edilmektedir. Mekke'nin paralelinin MY yayı "tadil edilmiş sinüs" $\mathrm{Sin}\eta = (\mathrm{Sin}\,[\lambda_X - \lambda_M]\,\mathrm{Cos}\,\varphi_M)/R$ ile belirlenir. (hesaplanmasında, dünya yüzeyinin küresel olması hesaba katılmıştır). XY yayı, sinüs çizgisi $Sin\,(\varphi_X - \varphi_M)$ ile belirlenir, ve MY ve XY kenarlı dik üçgenin $\sqrt{Sin^2\,(\varphi_X - \varphi_M) + \mathrm{Sin}^2\eta}$ hipotenüsü MX yayı olarak alınmıştır. Ayrıca, doğru kenarları ile bir dik üçgen olarak alınan MXY üçgeninde, A açısının sinüsü $\mathrm{Sin}A = (MY/MX)R$ formülü ile bulunmaktadır. Hintliler tarafından meridyen çizgisinin ("öğle vakti çizgisi") tayini için bulunmuş olan "Hint çemberi", merkezde dik gnomon (güneş saati) ile ufuk düzlemi üzerine çizilmiş olan bir çemberdir: Meridyen çizgisi çemberin merkezi ile, gölge uç noktalarının çizdiği eğrinin çemberi kestiği noktalar arasında kalan yayın orta noktasını birleştirir.

İstanbul yazmasının 25. bölümünde, ve Taşkent yazmasının 5. bölümünde, 20 sütunlu ve 20 satırlı bir çizelge vardır, sütunların yukarısındaki 1,2, ..., 20 rakamları $\varphi_X - \varphi_M$ enlemlerinin farkını göstermektedir (bu rakamların üstünde "enlem" kelimesi yazılmıştır), satırların sağ tarafında bulunan 1,2, ..., 20 rakamları $\lambda_X - \lambda_M$ boylamlarının farkını göstermektedir (bu rakamların hizasında yukarıdan aşağıya "boylam" kelimesi yazılmıştır), bu farklara tekabül eden satır ve sütunların kesişme noktalarındaki karelerde, $\varphi_X - \varphi_M$ ve $\lambda_X - \lambda_M$ farklarında *kıble*'nin A azimutu gösterilmektedir. Kahire'de Taymur kütüphanesinde 103/2 numarada (s. 101a-102a) kayıtlı yazmada "Abû Ca'fer Muḥammad ibn Mûsâ el-Hârezmî'nin yirmili çizelgesi (el-cedvel el-'işrînî)" başlığı altında, buna çok benzer bir çizelge verildiğini görmekteyiz, bu durum, bu eserin Hârezmî'ye atfedilmesi için ilâve bir delil olmaktadır. Londra'da British Library'de 9116 numarada kayıtlı, aşağı yukarı 13. yüzyılda Yemen'de yazılmış olan yazmadaki bir zîc'de benzer bir çizelge vardır (7, s. 15-16).

MXN küresel üçgenine küresel trigonometri uygulayarak *kıble*'nin azimutunun belirlenmesi, Abdu'r-Raḥmân aṣ-Ṣûfî'nin (yaklaşık 10. yüzyıl) "Usturlabın Kullanımı Üzerine Kitap"ında (10, s. 297-298), ve El-Beyrûnî'nin "El-Kânûn el-Mes'ûdî"sinde (11, s. 425-427) başarıyla yapılmaktadır.

4. *Yükselen Açılımın Belirlenmesi Üzerine İlk İnceleme*

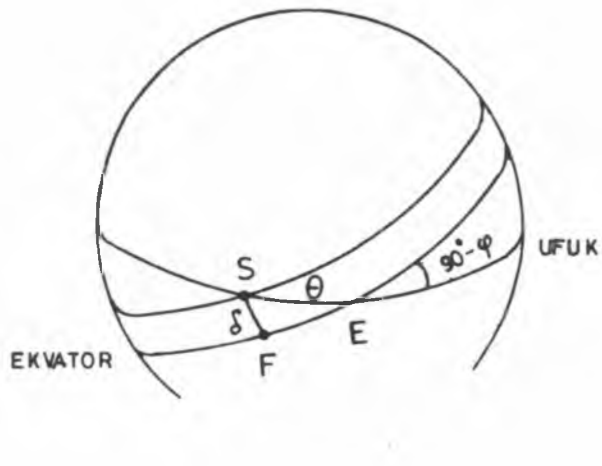
"Herhangi bir şehirde güneş doğuşunun azimutunun belirlenmesi" adını taşıyan 1. bölüm aşağıdaki gibi başlamaktadır:

معرفة سعة المشرق في كل بلد...

فاذا أردت معرفة ذلك تأخذ من نصف القطر ربعه وهو يه فتضربه في مثله، وتضرب جميع درج الميل في مثله، ثم تجمعها وتاخذ جذرهما، فما كان فهو سعة مشرق تلك المدينة.

"Eğer bunu belirlemek istiyorsanız, çapın dörtte birini alın, bu 15 derecedir, ve bunu kendi kendisiyle çarpın. Ufka göre yükselim derecelerini kendi başlarına alıp kendileriyle çarpın. Sonra, bunları dörtte bir çap değerinin karesine ekleyin ve bu toplamın kare kökünü alın. Elde ettiğiniz şey, bu kentin güneş doğuşusnun azimutudur." (S. 228b).

Eğer *EF* ile göksel ekvatoru, ve *ES* ile ufuk çemberini gösterirsek (şekil 2), güneşin doğuş noktası, bu iki çemberin kesiştiği *E*



Şekil. 2

noktasıdır. Eğer belirli bir günde güneş, göksel ekvatordan bir δ küresel mesafesinde bulunan gün çemberinin S noktasında ise (δ yayı güneşin ufka göre yükselimi olarak adlandırılmaktadır), güneş doğuşunun θ azimutu F açısı dik olan ESF dik küresel üçgeninin hipotenüsüdür, bu üçgenin SF kenarı δ yükselimine eşittir, ve E açısı verilen kentin φ enleminin 90°'ye tümlevine eşittir. Bu nedenle, küresel sinüs teoreminden,

$$Sin\theta / R = Sin\delta / Cos\varphi, \qquad (1)$$

yani,

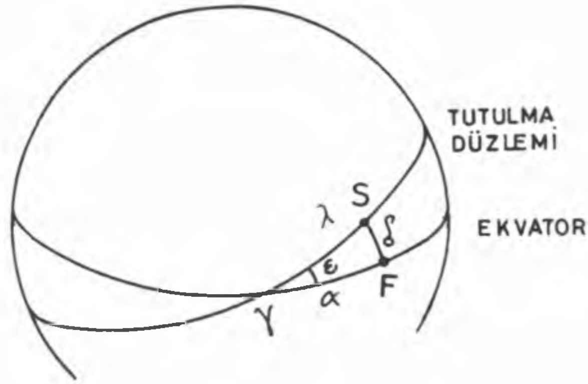
$$Sin\theta = R\ (Sin\delta / Cos\varphi) \qquad (2)$$

Bölümün başlığında Hârezmî Batlamyos'a atıf yapmaktadır. Güneşin δ yükseliminin maksimum yükselime, yani ekliptik ve gök ekvatoru arasındaki açıya eşit olduğu zaman solstis günü için güneş doğuşu azimutunun belirlenmesi problemi Batlamyos tarafından, (1) formülüne eşdeğer bir kural verdiği "Almagest'in ikinci kitabının 3. bölümünde çözülmüştür (12, s. 65). Hârezmî burada, Batlamyos tarafından kullanılmış olan yarıçapın 60 parçaya bölümünü kullanmaktadır. (Hârezmî, genellikle yarıçapın 150'ye bölümünü kullandığından, bu incelemenin başlığında 60'a bölümü kullandığını söz konusu etmektedir): Hârezmî burada yarıçapın, 60'a bölümünden elde edilen parçalara "derece" demektedir. Yukarıda söz konusu edilen problemde Hârezmî, Batlamyos gibi, solstis günü için, yani $\delta = \varepsilon$ için güneş doğuşunun azimutunu bulmaktadır. Bu durumda, o, ESF üçgenini bir düzlem üçgen olarak, ve belirli kentin enlemini Bağdat'ın enlemi $\varphi = 33°$'ye eşit olarak göz önünde bulundurmaktadır. Bu nedenle, $90° - \varphi \approx 57°$, $EF \approx SF/\mathrm{tg}\, 57° \approx 24/1{,}6 = 15$; Hârezmî'nin bu kenarı 15 "derece"ye eşit düşünmesinin nedeni budur. Hârezmî, θ güneş doğuşu azimutunu ESF düzlem üçgeninin ES hipotenüsü olarak, yani $\theta = \sqrt{EF^2 + \delta^2}$ formülü ile tayin etmektedir.

Bundan sonra Hârezmî her zodyak burcu için, yani her ay için aynı problemi çözmektedir. Güneşin δ ekliptik boylamı ile ekliptikde bulunması durumunda, ΥSF dik küresel üçgeni için küresel sinüs teoreminden (şekil 3)

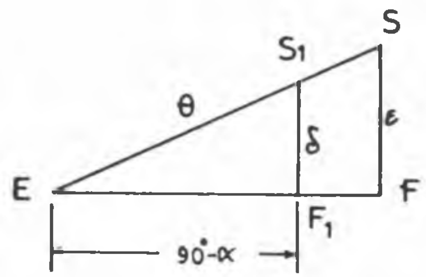
$$Sin\lambda / \mathrm{R} = Sin\delta / Sin\varepsilon$$

Hârezmî, $Sin\delta / Sin\varepsilon$ yerine δ/ε oranını alarak yaklaşık bir değer bulmakta ve $Sin\lambda = R\ (\delta/\varepsilon)$ yi göz önüne almaktadır. Bu durumda



Şekil. 3

o, δ'ya eşit S_1F_1 kenarı ile ES_1F_1 üçgeninin ES hipotenüsünü güneş doğuşunun azimutu olarak almaktadır. (Şekil 4). Bu nedenle, $\theta_1 = ES_1 = ES\ (\delta/\varepsilon) \approx \theta.\ Sin(\lambda/R)$, burada Hârezmî R = 150 kabul etmektedir.



Şekil. 4

5. *Güneşin Azimutunun Belirlenmesi Üzerine İnceleme*

2. bölümde Hârezmî, güneşin ufka göre yükseliminden azimutu bulmakta, ve bu problemin çözümünde düzlem değil küresel trigonometriyi kullanmaktadır. Biz, güney zodyak burçları için Hârezmî' nin kuralına tekabül eden formülü göstereceğiz:

معرفة السمت من قبل الارتفاع للبروج الشمالية

اذا اردت ذلك فخذ الارتفاع فالقه من تسعين، فما بقي فاجعله جيبا ، فما كان فهو جيب تمام الارتفاع. فاقسم عليه جملة الجيب ، فما خرج فهو الاصل الاول. ثم اقسم جيب عرض البلد الذى تريد على جملة تمامه ، فما خرج فاضربه في جيب الارتفاع الذى تعمل له السمت. فما خرج فهو الاصل الثاني. فزد عليه جيب سعة المشرق للبرج الذى تعمل له أو الدرجة ، فما بلغ فاضربه في الاصل الاول. فما بلغ فهو السمت.

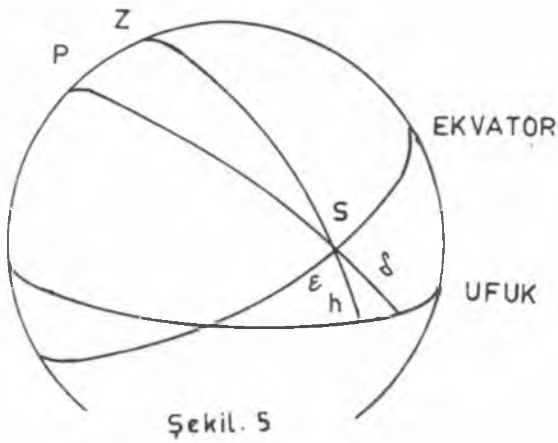
"Eğer bunu bulmak istiyorsanız, ufka göre yüksekliği alın ve 90'dan çıkarın, geriye kalanı sinüse çevirin. Elde ettiğiniz şey, ufka göre yüksekliğin tümlevinin sinüsüdür. Tümel sinüsü bununla bölün, elde ettiğiniz şey 'ilk asıl'dır. Sonra, bulunduğunuz kentin enleminin sinüsünü onun tümlevinin sinüsü ile bölün. Elde ettiğinizi, azimut için bulduğunuz yüksekliğin sinüsü ile çarpın, elde edeceğiniz şey 'ikinci asıl'dır. Buna zodyak burcunun doğuşunun azimutunun sinüsünü ya da dereceyi ekleyin. Toplamı 'ilk asıl' ile çarpın, elde edeceğiniz şey, azimutun tümlevinin sinüsüdür." (S. 182b). Kuzey zodyak burçları için aynı problemin çözümünde Hârezmî, güney zodyak burçları için bulduğu aynı "ilk ve ikinci asılları" bulmayı salık vermektedir. Bundan sonra Hârezmî şöyle yazar:

معرفة السمت للبروج الشمالية

وهو أن تعمل الاصل الاول والثاني على ما أرينك. ثم خذ الاصل الثاني فانقصه من جيب سعة المشرق. فان كان أكثر من جيب سعة المشرق ، فالق جيب سعة المشرق منه. فما بقي بعد ذلك فاضربه في الاصل الاول ، فما بلغ فقوسه. فما خرج فهو السمت. فاذا أردت أن تعلم جهة هذا السمت شمالى هو أم جنوبي فانظر (فان كان الاصل الثاني اكبر من حيب سعة المشرق فالسمت جنوبي) ، وان كان الاصل الثاني مثل جيب سعة المشرق سوا فالسمت على خط المشرق والمغرب ، وان كان الاصل الثاني اقل من جيب سعة المشرق فالسمت شمالى.

"'İkinci asılı' alıp bunu güneş doğuşu azimutunun sinüsünden çıkarın; eğer 'ikinci asıl' azimuttan daha büyük ise, azimutun sinüsünü çıkarın, farkı 'ilk temel' ile çarpın ve çarpımın yayını alın, güney azimutunu elde edersiniz... Eğer 'ikinci asıl' güneş doğuşu azimutunun sinüsüne tam olarak eşitse, azimut doğu-batı çizgisi üzerindedir. Eğer 'ikinci asıl' güneş doğuşu azimutundan küçükse, azimut kuzey azimutudur." (S. 182b-183a).

Eğer tepe noktaları, güney zodyak burçlarından birinde, yani terazi burcunun başlangıcından koç burcunun başlangıcına kadar ekliptik yayı üzerinde, bulunan S güneş, P kuzey kutbu, ve Z zenit olmak üzere gök küresinin küresel üçgenini göz önüne alırsak (şekil 5), bu üçgende $ZP = 90°-\varphi$, $ZS = 90°-h$, $PS = 90° + \delta$ ve küresel kosinüs teoreminden, $-\sin\delta = \sin h \sin\varphi + \cosh \cos\varphi \cos A$ ve $|\cos A| = (\sin h \sin\varphi + \sin\delta)/\cos h \cos\varphi$.

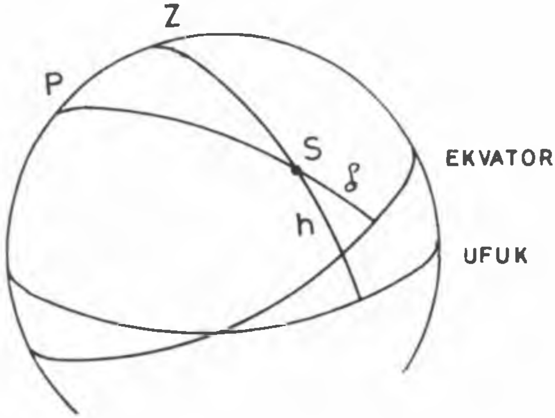


Şekil. 5

Hârezmî $\text{Sin}(90°-h) = \text{Cos}h$ bulmaktadır, onun "ilk asıl"ı $R/Cosh = 1/cosh$'dır, "ikinci asıl"ı $(\text{Sin}\varphi/\text{Cos}\varphi)\ \text{Sin}h = \text{tg}\varphi.\ \text{Sin}h$'dır. Yukarıda güneş doğuşunun θ azimutunun bulunuşunda, Hârezmî $Sin\delta/Cos\varphi = sin\ \theta$ olduğunu buldu, bu yüzden Hârezmî'nin kuralı, yukarıda sözünü ettiğimiz küresel kosinüs teoreminden çıkan kurala denktir.

Güneşin kuzey zodyak burçlarından birinde, yani koç burcunun başlangıcından terazi burcunun başlangıcına kadar ekliptik yayı üzerinde bulunması halinde (şekil 6), $ZP = 90°-\varphi$, $ZS = 90°-h$, $PS = 90°-\delta$ ve ZPS üçgeni için küresel kosinüs teoreminden $sin\delta$

$= sinh\ Sin\ \varphi + cosh\ cos\varphi\ Cos\ A$, ve $|cos\ A| = sin\delta - sinh\ sin\varphi / (cosh\ cos\varphi)$ bu ifade, bu durum için Hârezmî'nin kuralının eşdeğeridir. $h = 0$ durumu, "ikinci asıl" tgφ sin$h$'a sin θ ilavesi ile elde edilen ifadenin sin θ'ya eşdeğer olması durumuna tekabül eder, $h > 0$ durumu, $tg\varphi\ sinh + sin\theta > sin\theta$ durumuna tekabül eder, $h < 0$ durumu, $tg\varphi\ sinh + sin\ \theta < sin\theta$ durumuna tekabül eder. Bu üç durumda güneş, sırasıyla, ufuktadır, ufkun üzerindedir ve ufkun altındadır.



Şekil. 6

ZPS üçgeni için küresel kosinüs teoremine denk bir kural 5. yüzyıl astronomu Varâhamihira tarafından bilinmekteydi (13, s. 200-201), ve anlaşıldığına göre, Hârezmî bu kuralı bir Hint kaynağından öğrenmiş olmalı. Öyle anlaşılıyor ki, Sâbit ibn Kurra (9. yüzyıl) bu kuraldan Hârezmî aracılığı ile haberdar oldu, ve bu kuralı "Güneş saati denilen, Zaman Tayinine Yarayan Aletler Üzerine Kitâb"-ında gösterdi (6, s. 252-266), ve ondan Regiomontanus, El-Battânî'nin "Zîc-i Sâbî" aracılığı ile öğrendi. Avrupalılar, küresel trigonometrinin bu teoremini Battânî vasıtasıyla bildikleri için, bu teoreme Avrupa'da genellikle "El-Battânî teoremi" denmiştir.

Güneşin ufka göre yüksekliğinden, belirli bir kentin enleminden, ve güneş doğuşunun azimutundan güneşin azimutunun belirlenmesi için Hârezmî'nin yukarıda verilen kuralı küresel trigonometrinin bu aynı teoreminin bir eşdeğeri olmaktan ibarettir, yani, güneşin ufka göre yüksekliğinin; gün yayından, verilen bir günde ve saatte güneşin ufka göre yüksekliğinin belirlendiği saat açısından, güneşin öğle vakti yüksekliğinden belirlendiği Varâhamihira'nın kuralına denkdi; mamafi Hârezmî 4. bölümde Varâhamihira'nın kuralının kendisini vermektedir. Arapça metin şöyledir:

معرفة عمل السمت والظل والارتفاع

... نستخرج أولا نصف قوس النهار لذلك اليوم ، وجيب نصف قوس النهار المنكوس ، وجيب ارتفاع نصف نهار درجة الشمس ، وجيب تمام الارتفاع لنصف درجة الشمس لذلك اليوم ، وجيب سعة مشرق درجة الشمس لذلك اليوم. فاذا عرفت هذه كله فأنظر الساعة التي تريد أن تعرف سمتها وارتفاعها وظلها. فان كانت مستوية فاضربها في يه، وان كانت معوجة فاضربها في أجزاء ساعات ذلك اليوم. فما اجتمع فالقه من جيب نصف قوس النهار المنكوس فما بقي فهو الحصة ، فاحفضه. ثم اضرب هذه الحصة في جيب ارتفاع نصف نهار درجة الشمس ، فما بلغ فاقسمه على جيب قوس النهار المنكوس. فما خرج فهو جيب ارتفاع تلك الساعة. فقوسه ، فما كان فهو الارتفاع.

"Her şeyden önce gün yayının yarısını bulun, güneşin öğle vakti yüksekliğinin sinüsünü bulun, bu günde güneşin öğle vakti yüksekliğinin tümlevinin sinüsünü bulun, ve bu günde güneşin doğuş derecesinin azimutunun sinüsünü bulun. Eğer bütün bunları bulduysanız, azimutunu, yüksekliğini, ve gölge uzunluğunu bulmak istediğiniz saate bakın. Eğer bu saat eşit (ekinoksiyal) ise, bunu 15 ile çarpın, eğer mevsim saati ise, bunu bu günün saat kesirleri ile çarpın. Çarpımın sehmini, gün yayının yarısının sehminden çıkartın. Elde edeceğiniz şey 'hisse' (argument) dir, bunu aklınızda tutun. Sonra bu 'ḥisse'yi güneşin derecesinin öğle vakti yüksekliğinin sinüsü ile çarpın. Çarpımı gün yarısının sehmi ile bölün. Bölüm olarak elde ettiğiniz, bu saatin yüksekliğinin sinüsüdür. Bunun yayını alın, yüksekliği elde edeceksiniz." (S. 183a). "Eşit (ekinoksiyel) saatler" — günün 1/24'ün eeşit olan astronomik saatler, bu saatlerin 15 ile çarpımı derece cinsinden saat açısıdır, çünkü göksel küre her "eşit saat" için 15° döner. "Mevsim saatleri" gündüz veya gecenin 1/12'sine eşittir. Ortaçağda Doğuda bütün sivil yaşam ve müslüman ibadetleri "mevsim saatleri"ne göre belirlenmişti. "Saatlerin kesirleri" cümlesindeki "kesir (kısım)" kelimesi gök ekvatorunun dereceleri demektir, "saatin kısımları (kesirleri)" — gök ekvatorunun, 1 "mevsim saati" içinde aldığı açısal yolun derece cinsinden miktarı. "Mevsim saatlerinin" sayısı ile "saatin kısımları"nın çarpımı da derece cinsinden saat açısına eşittir. $\alpha < 90°$ açıları için "sehm" (Avrupa'da sinüs versus) $\cos\alpha$ kosinüs çizgisinin R'ye tamamlayıcısıdır, ve $\alpha > 90°$ için $R + \cos\alpha$ toplamının $2R$'ye tamamlayıcısıdır, "gün yayı" — güneş ufkun üzerinde iken gün dairesinin yayı; bu, gündüze tekabül eden gök ekvatorunun derecelerinin sayısına eşittir. Saat açısı meridyenden hesaplandığı için, gün yayının yarısı saat açısının maksimum değerine eşittir. Varâhamihira'nın kuralı bizim sembol sistemimizle şu şekilde yazılabilir :

$$\sin h = (\sin \operatorname{vers}\alpha - \sin \operatorname{vers} t)\cos\varphi\cos\delta$$

Eğer $\sin \operatorname{vers}\alpha = 1 + tg\varphi\, tg\delta$ koyarsak, bu formülden Hârezmî'nin kuralını elde ederiz.

Bu kurallar aynı ZPS üçgeni, ve $t \leqslant ZPS$ açısı ($A \leqslant PZS$ açısı için değil) için küresel kosinüs teoremine eşdeğerdir.

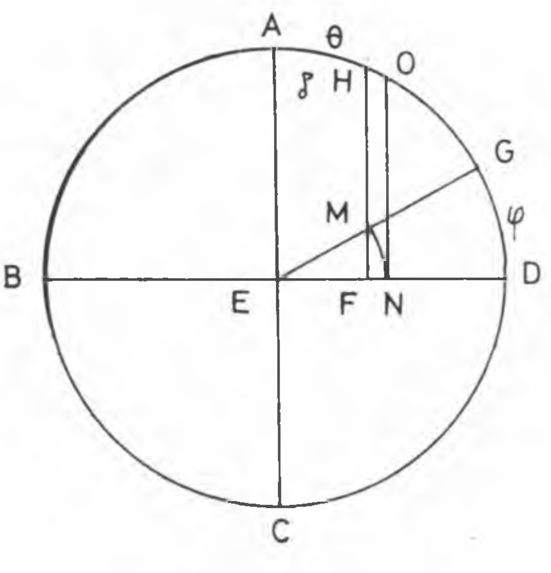
6. *Yükselen Açılımın Belirlenmesi Üzerine İkinci İnceleme*

Hârezmî 32. bölümde, güneş doğuşu azimutunun belirlenmesi probleminin çözümü için küresel trigonometrinin kurallarına denk olan kuralları uygulamaktadır. Arapça metin şu şekildedir:

عمل سعة أى مشرق شئت من البروج
في أى عرض شئت بالهندسة

نخط دائرة عليها ابجد ونقسم قوس اد ص جزأ ونعد من نقطة د على قوس الدائرة بقدر عرض البلد ونخرج منه خطا الى المركز وهو خطه ز. ثم نعد من نقطة ا على قوس الدائرة بقدر ميل البرج الذى نريد أن نعمل له، ونخرج منه خطا يوازى خط اه، وهو خط ح ط ينتهى الى خط د ب الذى هو القطر. وننظر أين يقطع من خط ز ه، فكأنه قطعه على نقطة م. ثم نأخذ مه ونثبت رأس البركار في نقطة المركز وهى نقطة ه وننظر الرأس الآخر أين يقطع من خط د ه، فكأنه قطعه على نقطة ل. فنخرج من نقطة ل عمودا ينتهى الى قوس از وهو عمود ل ع. فحيث انتهى فعد منه الى نقطة ا، فما كان فهو سعة المشرق للبرج الذى اردته.

"İstediğiniz herhangi bir enlemde herhangi bir zodyak burcu için güneş doğuşunun azimutunun geometrik tayini." Hârezmî'nin çözümü şöyledir: "Bir ABCD dairesi çizin (şekil 7), ve *AD* yayını 90 kısma bölün. Daire üzerinde D noktasından itibaren, bulunduğunuz kentin enleminin büyüklüğüne sahip olan *DG* yayını göz önüne alın, ve bu *G* noktasından dairenin merkezini birleştirin, yani *EG*'yi çizin. Sonra, daire üzerine *A* noktasından, azimutunu belirlemek istediğiniz zodyak burcunun yükseliminin büyüklüğüne sahip olan *AH* yayını göz önüne alın. Bu yayın bitiminden *AE*'ye bir paralel çizin. Bu paralel, *BD* çapını kesen *FH*'dir. Sonra, bunun *EG*'yi kestiği yeri göz önüne alın, burası *M* noktası olsun. sonra, *ME* açıklığı ile bir pergel alın, pergelin bir ayağını merkeze, yani *E* noktasına yerleştirin, ve diğer ayağının EG'yi kestiği yeri bulun. Burası *N* noktası olsun. *N* noktasından *AG* yayını kesen bir dik çıkın, bu *ON* dikmesidir. Dikmenin kestiği *O* noktasından *A* noktasına uzanan yayı göz önüne alın. Elde ettiğiniz şey, istediğiniz zodyak burcu için güneş doğuşunun azimutudur." (S. 193b).



Şekil. 7

AH yayı δ'ya eşit iken, *DG* yayı φ'ye eşit olduğu için, $EF = \text{Sin}\delta$, ve $EM = R\ (Sin\delta / Cos\varphi)$dir, ve eğer *EN*'yi Sin θ ile gösterirsek, *ESP* dik küresel üçgeni için küresel sinüs teoremi ile elde ettiğimiz formül (2) den, *AO* yayı güneş doğuşunun θ azimutuna eşittir.

33. bölümde, güneşin δ yükselimi, güneş doğuşunun θ azimutundan ve $Cos\delta = R\ (Cos\ \theta / Sin\alpha)$ formülüne eşdeğer bir kural ile güneşin α gün yayının yarısından belirlenmiştir, ki bu formül *EF* kenarı $90°-\alpha$'ya eşit, ikinci kenarı δ yükselimine eşit, ve hipotenüsü güneş doğuşunun θ azimutuna eşit olan *EFS* küresel üçgeni için (şekil 4) $cos\theta = cos\delta\ sin\alpha$ "küresel Pitagor teoremi"ne eşdeğerdir.

Azimutlarm belirlenmesine ilişkin bölümler, Hârezmî'nin, küresel trogonometrinin teoremlerine eşdeğer birçok kurala sahip olduğunu göstermektedir, ve çok muhtemel olarak bu kuralların bazıları Hint astronomlarının kuralları ile küresel trigonometrinin gelişmesinde temel bir rol oynamış olan daha sonraki İslâm bilim adamlarının kuralları arasında ara halkalardır. Bazı bölümlerde Hârezmî'nin, küresel trigonometrinin kuralları yerine düzlem trigonometrinin tekabül eden kurallarını kullandığı gerçeği, bu bölümlerin küresel trigonometrinin uygulandığı bölümlerden önce yazılmış olduğunun bir kanıtı olabilir.

7. *Coğrafî Çizelgeler*

Hârezmî'nin, güneş doğuşunun azimutunun geometri ile belirlenmesi üzerine olan incelemesinden sonra verdiği, kentlerin coğrafi koordinatlarının çizelgesi 163 isim ihtiva etmektedir. (3 kent ekvatorun güneyinde, 22 kent ilk iklim bölgesinde, 14 kent ikinci bölgede, 18 kent üçüncü bölgede, 48 kent dördüncü bölgede, 43 kent beşinci bölgede, 11 kent altıncı bölgede, ve 4 kent yedinci iklim bölgesindedir). Burada verilen koordinatlar, genel olarak, Hârezmî'nin iyi bilinen "Yeryüzünün Görünümü" adlı kitabında bulunan kentlerin enlem ve boylamlarına tıpatıp uymaktadır [14], ve anlaşıldığına göre bunlar burada, kıble'nin azimutunun belirlenmesi problemi ile ilişkili olarak verilmişlerdir (burada verilen kentlerin büyük çoğunluğu Bağdad halifeliğinin toprakları ile ilgilidir).

Muhtemelen, Hârezmî'nin usturlab ile azimutun belirlenmesi üzerine olan eserinin ikinci yarısında öğle vakti gölge uzunluklarının çizelgesi ile iklim enlemlerinin belirlenmesi üzerine olan bölüm (s. 199a-199b [2, s. 217-219]), bu çizelge için bir giriş olmalıdır.

Bu eserin ana bölümü, Hârezmî'nin azimutun belirlenmesi probleminin de göz önünde bulundurulduğu, usturlabın kullanımı üzerine olan eserine bir ek olarak düşünülebilir [8, 9].

8. *Bir Kamp Etrafına Bir Çember Çizimi Hakkında İnceleme*

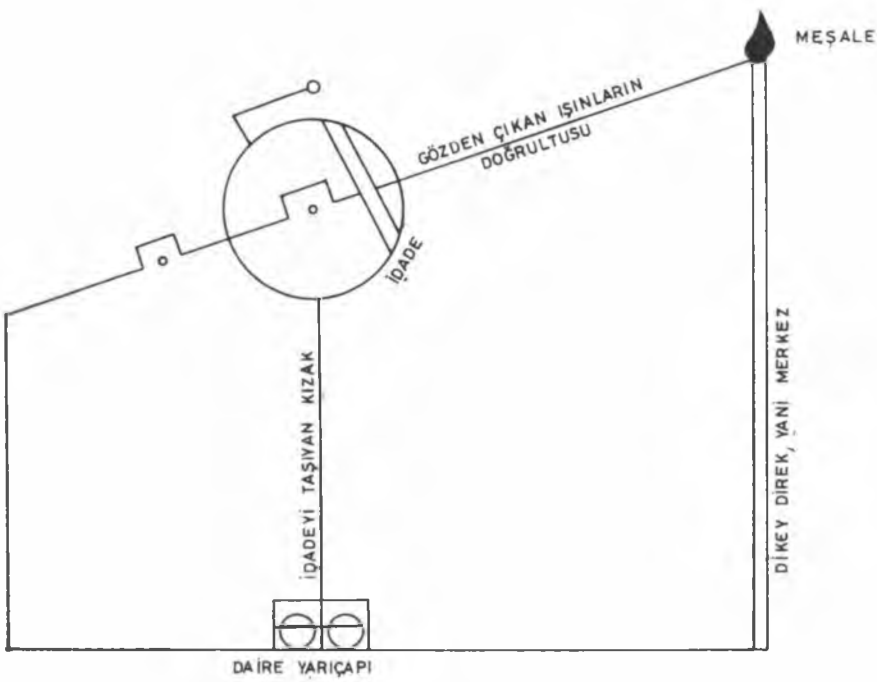
"Bir kamp için pergel" (Berkâr el-hilla) adını taşıyan 37. bölüm gerçekten ilginçtir. Arapça metin şöyledir:

بركار الحلة

اذا اردت أن تدير دائرة لا تخرج في سعة البركار.. فانظر الى الموضع الذى تريد أن يكون مركزا للدائرة، فتركز فيه قناة على دائب مراه... ان كان ذلك نهارا، وان كان ليلا نصبنا على رأس القناة شعلة نار. ثم نتخذ عضادة كبيوة بكرسيين كبيوين وبثقبين واسعين مبسوطين. ثم ننظر الموضع الذى نريد أن يكون محيط الدائرة. فنتخذ عنده مسطرة قائمة على كرس ونعلق العضادة على رأس المسطرة، ونحط المرى ونرفعه حتي نرى العلم الذى نصبناه فوق القناة وهو مركز الدائرة. فحينئذ خرج من أبصارنا خطان شعاعيان نفذا من ثقبي العضادة الى العلم. وباضطرار نعلم أنا ان قدمنا العضادة من موضعنا نحو المركز أو أخرناها عن نصبها ولم نغيو المرى لم نرى العلم ان نحن طلبناه بذلك الارتفاع لأن الخطين قد اختلفا. فاذا رأينا العلم من موضعنا فانا نديو العضادة والمرى مركب عليها كما هو، ونحن نرمق ذلك بالبصر. فما لم يغب العلم من ثقبي العضادة والبصر فنحن على محيط الدائرة لامحالة فان غاب العلم عن تقبي العضادة وعن البصر ولم نتقدم من موضعنا ولم نتأخر عنه وغاب عنا فقد علمنا أن ذلك لانخفاضنا عن سطحنا الاول أو لارتفاعنا عنه. فيرى موضعنا الذى فقدنا فيه العلم بالموضع الاول . فاذا استويا رأينا العلم. وكذلك نأخذ كل قدرين بعيدين أو ما اردنا.

Bir Kamp İçin Pergel

"Sıradan bir pergelin açıklığı ile çizilemeyen bir çember çizmek isterseniz, bu çemberin merkezi yapmak istediğiniz yeri bulun, buraya düşey bir kazık dikin, ve tepesine, eğer gündüz ise küçük bir bayrak ya da benzer bir şey koyun, gece ise, kazığın tepesine yanan bir kandil koyun. Bundan sonra, iki büyük 'taht'lı ve iki geniş düzlem gez'i (arpacık, açıklık, delik) olan büyük bir izade alın. Sonra, çemberin geçmesini istediğiniz yeri belirleyin. Taht üzerine yerleştirilmiş düşey bir cetvel alın ve izadeyi bu cetvelin tepesine asın. İzadenin ibresini koyun ve bunu, kazığın tepesine koyduğunuz, yani çemberin merkezinde bulunan bayrağı görünceye kadar kaldırın. Bundan sonra, gözümüzden bir ışın çıkar, ve izadenin her iki gezinden de geçerek bayrağa ulaşır. Biz, kesinlikle şunu biliyoruz ki, eğer ibrenin durumunu değiştirmeden izadeyi merkeze doğru ya da bize doğru oynatırsak, bu yükseklikte görmek istediğimiz bayrağı görmeyiz, çünkü bu iki çizgi farklıdır. Eğer bulunduğumuz yerden bayrağı görürsek, ibrenin pozisyonunu değiştirmeksizin, üzerinde sabit duran ibresi ile izadeyi döndürürüz, ve dikkatle bakarız: Eğer bayrak, izadenin iki gezinin ve gözümüzün çizgisinden ayrılmazsa, biz kesinlikle çember üzerindeyizdir. Eğer bayrak, biz yerimizden daha yakına ya da daha uzağa hareket etmez iken, iki gezin ve gözümüzün çizgisinden ayrılırsa, bizim ilk yerimize ya da yıüksekliğimize göre yukarı ya da aşağı hareket etmemizin nedeni daha açıklık kazanır. Bundan sonra, bayrağı (gözden) kaybettiğimiz yeri ve bizim asıl yerimizi belirleriz (göz önüne alırız). Eğer bunlar aynı yer ise, biz tekrar bayrağı görürüz. Birbirinden uzak herhangi iki obje ya da istediğimiz başka benzer şeyler arasındaki uzaklığı aynı şekilde belirlemekteyiz." (Şekil 8) (s. 197a-197b).



Şekil. 8

Yazar burada, büyük yarıçaplı daireleri, meselâ askeri bir kampı çeviren daireyi çizmenin bir metodunu tavsif etmektedir. Şekil 8'de üzerinde yanan bir meşale bulunan bir kazık, tekerlekli bir vagon üzerinde (metinde "taht" denmiştir) iki gözlem deliği bulunan büyük bir izade görüyorsunuz. Bu vagon üzerinde, tepesinde bir izade asılı düşey bir cetvel yerleştirilmiştir. Şekilde, izadenin ibresini hareket ettirebilen yuvarlak bir kol da görebilirsiniz. Gözlem delikleri vasıtasıyla kazığın tepesine bakan kimse çemberin merkesinden, yani izade aynı açı ile ufuk düzlemine eğildiği zaman kazığın ayağından sabit bir uzaklıktadır.

9. *Zaman Bildiren Aletler (Saatler) Üzerine İncelemeler*

Hârezmî tarafından tavsif edilen zaman tayin edici aletler özel olarak ayrıntılı bir inceleme yeihtiyaç gösterir. 27. bölümde, "binkân"ların, yani su saatinin bir tavsifi verilmiştir. Bölümün başlığında söz edildiği gibi, bir tekne ya da küvet, yani ortasında bir delik ile geniş bir yuvarlak kap tasvir etmektedir. Bu kapların yarıçapları (?) üzerinde her ay için "mevsim saatlerini" gösteren bir taksimatlandırma vardır, koç ve terazi burçları için taksimatlandırma, "eşit saatler"deki bir taksimatlandırma gibi aynı işi görür. "Binkân" kelimesi, kase kap, ve su saati anlamına gelen Farsça "pangân" kelimesinin Arapça'ya uyarlanmış şeklidir. Bu durum, bu aletin menşeini göstermektedir (daha sonraki Arapça eserlerde bu saate "binkâm" denmiştir; bu terim İbn el-Heysem tarafından kullanılmıştı [5, c. 2, s. 255]). 28. bölümde, "çakıl taşları fırlatan binkân"ın bir tavsifi verilmiştir. Bu saatte su seviyesinin düşmesi, madeni bir levha üzerine düşen çakılları serbest bırakan ve saatin bitimini gösteren zil sesini çalan bir tertibi (dişliyi) harekete geçirir. Bu saatin adındaki *bundûq* ("çakıl") kelimesi de Farsça *fundûq* ("fındık") kelimesinin Arapça uyarlanmış şeklidir. 29. bölümde, "yukarı kaldırıcı tekerlek biçimindeki saat (su dolabı ile zaman tayinine yarayan alet)"in bir tavsifi verilmiştir. Bu alet, bir su saati ile gök küresinin orijinal bir terkibidir. Bu saatin adındaki *dûlâb* ("su dolabı") kelimesi de Farsçadır. 30. bölümde, "saatlerin belirlenmesi için *mukḥula*" nın bir tavsifi verilmiştir. Bu alet, tepesinde yatay bir mili olan konik bir güneş saatidir. İçine rastık taşı (sürme) (kuḥl) konacak bir kap anlamına gelen *mukḥula* adı, bu kabın biçiminin aynı olan saatin kesik koni biçimi ile açıklanabilir. 31. bölümde, "*miknasa* denilen güneş saati ile ilişkili olarak yapılacak işlem" in bir tavsifi verilmiştir. Burada ve başka yerlerde mermer safiha anlamına gelen *rukhâma* kelimesini "güneş saati" kelimesi ile tercüme etmekteyiz. Düşey milli düzlem güneş saatinin bir çeşiti burada tavsif edilmektedir. *Kanîsa* (kilise, pagan tapmağı) kelimesinden gelen *miknasa* adı bu güneş saatinin dinsel ayinler ile ilişkisini göstermektedir. 36. bölümde, kadran ile ilişkili işlemlerin bir tavsifi verilmiştir. Kadranın doğrusal kenarlarından biri üzerinde iki gez (diyopter), güneşi gösteren bu kenarın yardımı ile yerleştirilmiştir, du durumda, kadranın merkezindeki sabit bir yüke bağlı ip, kadranın çevresi üzerinde güneşin yüksekliğine eşit bir yay keser, ve bu kenar ile ortak merkezli ve incelenen saate tekabül eden sabit t saat çizgisi üzerinde bir noktada aya tekabül eden bir yay keser. 52-59. bölümlerde, düşey milli sıradan ufki güneş saati üzerindeki saat çizgilerinin çizimi tavsif edilmiştir. Güneş saatine ilişkin çizelgeler kutupsal koordinatları göstermektedir (günün t zamanının ve farklı zodyak burçlarına (aylara) tekabül eden güneşin λ ekliptik boylamının fonksiyonu olarak, güneş saati düzlemi üzerindeki milin gölgesinin bitiş noktasının "gölge uzunluğu" ve "azimutu"). Sabit λ çizgileri hiperbol yaylarıdır (ekinoks günleri için — doğru parçası dilimleri), Hârezmî sabit t çizgisini ("saat çizgileri") doğru olarak göz önüne almaktadır. Daha ayrıntılı çizelgeler 33 enlemi (Bağdad) ve 34 enlemi (Samarra) için verilmiştir.

BİBLİYOGRAFYA

1. Sezgin, F., *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, cilt 6, Astronomie Bis ca. 430 H., Leiden 1978.
2. Muhammed ibn Mûsâ el-Hârezmî, *K 1200-letiyu so Dnya Rozhdeniya* (To the 1200 Anniversary of the Birthday), Ed., A.P. Youschkevitch, Nauka Akademisi, Moskova 1983 (Rusça).
3. Krause, M., *Stambuler Handschriften Islamischer Mathematiker. Quellen und Studien Zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, Bölüm B, cilt 3, 1936, s. 437-532.
4. Dold-Samplonius, Y., *Book of Assumption by Aqâtun*, metin kritik edisyon, Amster dam 1977.
5. Matvievskaya, G.P., Rosenfeld, B.A., *Matematiki i Astronomy Musulmanskogo Srednevekovya i İh Trudy* (*VIII-XVII vv.*) (Ortaçağ İslâm Dünyası Matamatikçileri ve Astronomları ve Onların Çalışmaları (8.-17. yy), 3 cilt, Nauka Akademisi, Moskova 1983 (Rusça).
6. Sâbit ibn Kurra, *Matematicheskie Traktaty* (Mathematical treatises), Nauchnoe nasledstvo, cilt 8, Nauka Akademisi, Moskova 1984 (Rusça).
7. King, D.A., *El-Hârezmî and New Trends in Mathematical Astronomy in the Ninth Century*, The Hagop Kevorkian Center for Near Eastern Studies yayını, Arada bir çıkarılan müstakil makale dizisinden, No. 2, New York 1983.
8. Frank, J., "Die Verwendung des Astrolabe nach El-Hârezmî", *Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenchaften und Medizin*, No. 3, Erlangen 1922.
9. El-Hârezmî, Muhammed, *Matematicheskie traktaty* (Matematiksel İncelemeler), Ed. S.H. Sirazhdinov, Taşkent; *Fan* (Nauk Akademisi bağlı kuruluşu) 1983 (Rusça).
10. Aş-Şûfî 'Abdu'r-Rahmân b. 'Umar, *Kitâb el-'amel bil usturlâb*, Ed. M. Abdul mu'id Khan, Haydarabad 1962.
11. Beyrûnî, Ebû Reyhân (El-Bîrûnî Ebû'r-Reyhân), "El-Kanûn el-Mes'udi", kısım 1, tercüme edenler P. G. Bulgakov, B.A. Rosenfeld ve M. M. Rozhanskaya, *Izbrannye trudy* (seçilmiş eserler), cilt 5, kısım 1, Taşkent : *Fan* 1973 (Rusça).
12. Ptolemaus, Cl., *Handbuch der Astronomie* Übers K. Manitiuis, önsöz ve tashihler O. Neugebauer tarafından yapılmıştır, cilt 1, Leipzig 1963.
13. *Istoriya Matematiki s drevneyshih vremen do nachala novogo vremeni* (Antik çağın başlangıcından yeni çağların başlangıcına kadar Matematik tarihi). *Istoriya matematiki s drevneyshih vremen do nachala XIX stoletiya* (Antik çağın başından XIX. yüzyılın başlangıcına kadar matematik tarihi), cilt 1, Ed., A. P. Youschkevitch, Nauka Akademisi, Moskova 1970 (Rusça).
14. Hans von Mžik, *Das Kitâb Şûrat al-ard des Abû Ga'far Muhammad ibn Mûsâ al-Huwârizmî*, Leipzig 1926.