

Krassovsky 타원체 좌표의 3차원 변환에 대한 연구 A Study on 3D-Transformation of Krazovsky Coordinate System

김감래* · 전호원** · 현민호***

Kim, Kam Lae · Chun, Ho Woun · Hyun, Min Ho

요 旨

구 소련 지도 확보에 따른 지도의 지형정보 획득이 요구되면서 세계 거의 모든 지역의 지형도를 제작한 구 소련 지도의 정확도 분석 및 우리나라 좌표계와의 상관관계분석의 필요가 대두 되었다. 국외에서 제작한 지도는 현재 각 나라에서 사용하고 있는 좌표계로 변환을 하여야만 정확한 위치 정보를 획득할 수 있다. 따라서, 이 연구에서는 두 기준 타원체를 사용하여 제작된 지도의 정확도를 비교하기 위해 좌표변환에 대한 이론적 고찰과 투영의 기초가 되는 타원체 형상에 대한 고찰 및 정확도를 평가하였다. 이어 선점한 지점에 대해 각각의 투영법에 따라 좌표값을 독치 한 후, 국내지도와 구 소련 지도를 각각 경위도 좌표와 TM좌표로 비교하여 정확도가 어느 정도인지를 검증하였다. 이를 통해 국내에서 사용 가능한지 여부를 검토한 결과, 각 국가에서 제작된 지도를 국내 좌표계로 정확히 변환할 수 있는 원점 이동량을 추출해 적용한다면 충분히 사용 가능한 것으로 판단되었다.

ABSTRACT

Requiring topographic information of map due to retaining russia map, which needed accuracy analysis of russia map and relation between its and south korea's map. In order to obtain exact location information from the map which has different reference datum, We have to operate coordinate transformation between maps applied different ellipsoid. In this paper, in order to evaluate accuracy between two maps applied different ellipsoid, it has studied theory of map projection and coordinate transformation. Then, select each point which can be recognized on the two maps for accuracy evaluation. After obtaining coordinate values for each point of same area, it is evaluated accuracy each geodetic coordinate and each TM coordinate. As a result of this study, the maps which have different reference datum could be used if the exact origin shift could be obtained and applied.

1. 서 론

오늘날에 있어 국가간 교류의 증대와 국가간 경쟁력 강화로 인해 상대 국가의 정확한 지형정보 획득이 요구되고 있다. 그러나 지구의 지표면은 불규칙하게 기복을 이루고 있기 때문에 각 국가에서는 지구의 형체를 수학적으로 표현하기 위해 형상이 남북으로 약간 평평한 기준 타원체를 정의하여 사용하고 있다. 따라서 다른 국가의 지형정보 획득을 위해서는 각 국가에서 정하여 사용하고 있는 기준타원체의 형상에 따라 제작된 지도를 사용하고자 하는 국가의 기준좌표계로 변환하여 사용하여

야 한다. 최근에는 인공위성영상 정보로부터 필요로 하는 국가의 지형도를 제작·정보취득에 사용하고 있으며, 이들 지형정보를 활용하고자 할 때는 기준좌표체계의 구성을 파악하여야 하며, 기준좌표체계가 지형도를 제작한 국가의 좌표계로 구성되어 있다면 제작국가에 대한 좌표체계의 정확한 분석과 이해가 필요하며, 사용하고자 하는 국가의 좌표계로 변환하여야만 정확한 위치정보를 획득할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 구 소련에서 제작된 우리나라 지도의 일부지역을 선택하고, 또한 우리나라에서 제작된 동일지역에 대한 도엽을 선정하여 동일지점에 대한 좌표를 추출·변환하였으며, 이때 좌표변환에 있어 표준 Molodensky 공식을 적용하여 두 기준좌표계간의 원점 이동량을 구하였다. 이를 통해 서로 다른 기준좌표계로 구성된 지도를 분석하고, 이를 이용하여 사용하고자 하는 국

*명지대학교 SOC공학부 교수
**서울산업대학교 토목공학과
***명지대학교 토목공학과 석사

가의 좌표체계로의 변환을 하여 봄으로서 다른 국가에서 제작된 지도의 이용가능성을 판단하는데 그 목적이 있다.

2. 연구수행절차 및 방법

서로 다른 타원체를 사용하는 지도에 대한 원점이동량을 산출하기 위해서는 하나의 기준 좌표 체계로의 정확한 좌표 변환이 필요하다. 이를 위해 필요한 투영법, 2차원 좌표변환, 3차원 좌표변환에 대한 이론을 정립하였다. 그리고 비교 대상 지역으로 담양, 엄정 지역을 선정해 구 소련과 국내에서 제작된 지도로부터 좌표를 추출하고 이를 사용하여 대상지역의 타원체간 원점 이동량을 산출하였다. 이때 획득되는 좌표나 표고 등은 지도의 제작 오차, 좌표 독치시 읽기 오차 등에 의하여 위치정보와 특히, 고도 정보에 대한 오차가 많이 발생하기 때문에 이를 고려하고 다음의 방법으로 원점이동량을 산출하고 정확도를 비교 하였다.

첫째, 국내 지도에서 추출한 평면직각 좌표(TM)와 지형도에서 독취한 h값을 WGS84의 ϕ , λ , h로 변환한다.

둘째, 구 소련 지도에서 추출한 평면직각 좌표(UTM)

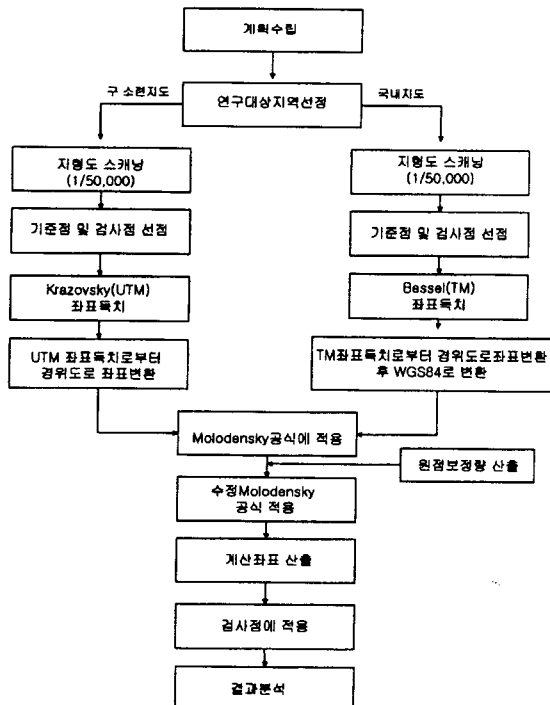


그림 1. 연구수행도

를 ϕ , λ 로 변환하고 h는 지형도로부터 독취한다.

셋째, 표준 Molodensky 공식에 구 소련지도에서 추출한 ϕ , λ , h를 대입하고 국내지도의 WGS84에서 구 소련지도 ϕ , λ , h의 차이를 표준 Molodensky 공식의 $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$, Δh 에 대입한다.

넷째, 두 타원체간 원점 이동량(ΔX , ΔY , ΔZ)을 최소제곱법에 의해 역산출한다.

다섯째, 계산한 ΔX , ΔY , ΔZ 를 다시 표준 Molodensky 공식에 대입하여 두 타원체간의 차이 값 $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$, Δh 를 구 소련지도의 ϕ , λ , h에 더해준다. 여섯째, 구 소련 지도에 ϕ , λ , h를 더해준 수치와 국내지도 WGS84의 ϕ , λ , h의 값과 비교해서 평균 표준편차를 구한다.

일곱째, 각각의 WGS84 좌표를 TM좌표로 변환하여 오차와 평균표준편차를 구한다.

여덟째, 산출한 원점이동량을 이용하여 각각의 지도에서 추출한 ϕ , λ , h(검사점)으로 정확도를 비교한다.

3. 타원체 및 좌표계 변환

Molodensky 좌표변환 공식은 두 좌표계의 원점 이동량 고도 ΔX , ΔY , ΔZ 값만 구하면 사용할 수 있기 때문에 좌표변환에서 가장 사용하기 쉽고 편리한 방법이다. Molodensky 변환공식은 표준 Molodensky와 Abridged Molodensky 두가지가 있으며, Abridged Molodensky 공식은 표준 Molodensky 공식을 간략화 한 것이다. 지역 측지 좌표계로부터 WGS84 좌표계로 좌표 변환하기 위해 사용되는 표준 Molodensky 공식은 다음과 같으며, 역으로 좌표변환할 경우는 원점 이동량, 장반경차(Δa) 및 편평도 차(Δf) 값의 부호를 바꾸어 주면 된다.

$$\Delta\phi = \{-\Delta X \sin\phi \cos\lambda - \Delta Y \sin\phi \sin\lambda + \Delta Z \cos\phi + \Delta a (R_N e^2 \sin\phi \cos\phi) / a + \Delta\phi [R_M(a/b) + R_N(b/a)] \sin\phi \cos\phi\} \cdot [(R_M + h) - \sin^2 \phi]^{-1}$$

$$\Delta\lambda = [-\Delta X \sin\lambda + \Delta Y \cos\lambda] [(R_N + h) \cos\phi \sin^2 \phi]^{-1}$$

$$\Delta h = \Delta X \cos\phi \cos\lambda + \Delta Y \cos\phi \sin\lambda + \Delta Z \sin\phi - \Delta a (a/R_N) + \Delta\phi (b/a) R_N \sin^2 \phi \quad (3-1)$$

여기서, (ϕ , λ , h)는 변환 전 좌표계의 지리좌표이며, N은 타원체로부터 지오이드까지의 고도 ΔX , ΔY , ΔZ 는 두 좌표계간 원점 전이량, a는 변환 이전 좌표계의 장반경, f는 변환 이전 좌표계의 편평도, Δa 및 Δf 는 변환 이후

좌표계에서 변화 이전 좌표계의 장반경과 편평도를 감한 장반경 차 및 편평도 차이이다. 또한 R_N , R_M 는 횡 곡률 반경 및 자오선 곡률 반경을 나타내고 이러한 계수값들을 대입하면 다음 식 (3-2)와 같은 간단한 형태로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta\phi &= a_1\Delta X - a_1\Delta Y + a_2\Delta Z + a_3 \\ \Delta\lambda &= -b_1\Delta X - b_2\Delta Y \\ \Delta h &= c_1\Delta X - c_2\Delta Y + c_3\Delta Z \end{aligned} \quad (3-2)$$

여기서, $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$, Δh : WGS84-지역측지 좌표계
 ϕ , λ , h : 지역 측지 좌표계

식 (3-1)에서 사용된 계수들의 내용은 다음과 같다.

ϕ : 한 지점의 타원체면에 대한 수직선과 적도면과의 각도를 나타내며, 적도를 기준으로 북쪽은 양의 값이고 남쪽은 음의 값을 나타낸다.

λ : 한 지점에서의 자오선을 지나는 평면과 본초자오선을 지나는 평면과의 각도로서 그리니치를 0도 기준으로 동·서쪽으로 180도 등분한 값을 나타낸다.

h : 측지고도, 지구타원체면으로 부터의 고도

a : 지역 측지 기준 타원체의 장반경

b : 지역 측지 기준 타원체의 단반경

f : 지역 측지 기준 타원체의 편평률

Δa , Δf : WGS84 타원체와 지역측지 기준타원체와의 장반경과 편평률의 차이값

$$b/a = 1 - f$$

$$e^2 = 2f - f^2$$

$$R_N = a/(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2} \text{ (횡 곡률반경)}$$

$$R_M = a(1 - e^2)/(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{3/2} \text{ (자오선곡률반경)}$$

WGS84 좌표계와 지역 측지 좌표계간의 상호 변환을 위해서 각 지역내의 여러 개의 측지 기준점이 있어야 하며 이러한 측지 기준점에 대해 각각의 좌표계에 대한 좌표값을 정밀하게 측량하는데, 이 좌표값들은 좌표계수를 구하는데 이용된다. 지역 측지 기준계의 좌표를 WGS84 타원체상의 좌표로 변환하는 방법으로 식 (3-3)과 같은 간단한 변환형식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \phi_{WGS84} &= \phi_{LOCAL} + \Delta\phi \\ \lambda_{WGS84} &= \lambda_{LOCAL} + \Delta\lambda \\ h_{WGS84} &= h_{LOCAL} + \Delta h \end{aligned} \quad (3-3)$$

여기서, (ϕ, λ, h) 는 위도, 경도 및 고도를 나타내며, $(\Delta\phi, \Delta\lambda, \Delta h)$ 는 두 측지 기준계의 원점간의 위도, 경도 및 고도차를 나타낸다. 또한, 두 좌표계간의 원점의 거리 차이인 고도 ΔX , ΔY , ΔZ 는 식 (3-1)과 같은 표준 Molodensky 측지 변환 공식에 의해 구해질 수 있다.

4. 적 용

본 연구에서는 실험 대상 지역을 엄정, 담양지역을 선정하였으며, 이때, 사용된 지도는 국내에서 제작된 국립지리원 발행 1:50,000 지형도와 구 소련에서 제작된 1:50,000 지형도를 이용하였고, 기준점과 검사점을 도엽당 각각 20점을 선정하여 총 기준점 40점과 검사점 40점을 사용하였다.

지도 제작시에 발생하는 오차는 편집오차, 제도오차, 인쇄오차 등 여러 가지가 있다. 그러나, 이 연구에서는 이러한 오차는 고려하지 않고, 국내에서 제작된 1:50,000 지도를 참값으로 가정하여 정확도 비교를 실시하였다. 실제 지도의 정확도 평가에서는 실측한 결과와 정확도를 비교하여야 하나 국내 지도의 정확도가 이미 검증되었고 시간과 비용을 고려해 국내에서 제작된 1:50,000 지도를 사용하여 정확도를 비교하였다.

각 지도에 대한 비교·분석을 위해 교량(B), 도로교차점(R) 및 삼각점(C)등 특정지점을 선정한 후 각 지점에 대한 좌표를 추출하였다. 이러한 점들을 선정한 이유는 각 지도에 있어 갱신년도에 따른 서로 다른 지형·지물에 대한 불일치가 나타나고 있고, 특히 건물은 틀어져 있는 경우가 많아 어느 값이 참값에 가까운 점인지를 선별하기가 어렵고, 지류계는 지도갱신 자체가 80년대와 90년대로서 강의 준설이나 경지조성 및 댐에 의해 지류 자체가 바뀔수가 있으며, 흐르는 물은 지도를 제작하는 시점에 홍수같은 자연재해로 수위가 바뀔 수 있으므로 선점자체를 피하였다. 그러나, 도로 같은 경우는 서로 같은 도로라도 국가마다의 지도 도식규칙이 상이하지만 도로 교차점은 중앙을 기준으로 선정할 수 있고, 삼각점은 구 소련 지도와 우리나라 지도 모두 삼각형으로 표시하고 있어 삼각형 중심점을 선정하였다. 이때, 선점시 사용된 도로교차점, 삼각점 및 교량에 대한 선정 예는 그림 2, 그림 3 및 그림 4와 같다.

이렇게 선정된 각 지점에 대해 각각의 지형도로부터 3차원 좌표를 추출하였으며, 국내에서 제작된 지도로부터

추출한 좌표값은 독치한 TM 좌표값으로부터 경위도 좌표로 환산한 값을 WGS84 좌표계로 변환하였고, 구 소련에서 제작된 지도로부터 추출된 UTM좌표는 경위도좌표로 변환한 값을 표준 Molodensky 공식에 적용하여 비교하였다.

5. 원점 이동량 산출

원점 이동량 산출을 위해 Molodensky 공식에 적용하여 최소제곱법에 의해 두 타원체간의 원점 이동량을 역산출하였으며, 그 결과는 다음의 표 1과 같다.

6. 비교 분석

각기 다른 타원체의 기준 좌표계로 구성된 지형도에

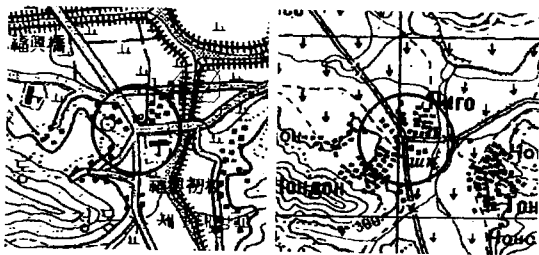


그림 2. 국내지도와 구 소련지도의 도로교차점 선점기준

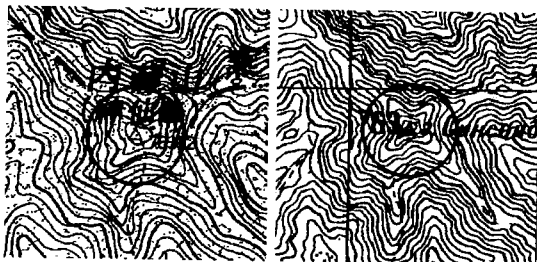


그림 3. 국내지도와 구 소련지도의 삼각점 선점기준

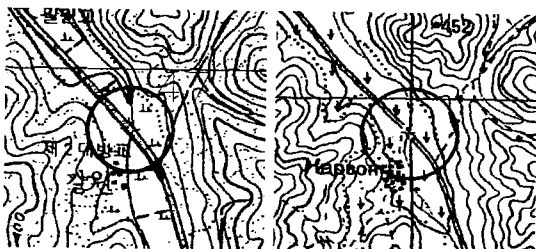


그림 4. 국내지도와 구 소련지도의 교향 선점기준

표 1. 원점 이동량 산출 결과

좌표	원점이동량(m)
ΔX	17.4211760580
ΔY	-114.9455924000
ΔZ	0.0149673174

대한 사용가능성을 판단하기 위해서는 구 소련에서 제작된 지형도에서 추출된 경위도 좌표가 평면직각좌표로 변환될 수 있는지의 여부를 먼저 검증함으로써, 지형도의 제작방법에 대한 검증을 실시하여야 한다. 이를 위해 구 소련에서 제작된 지도의 도곽에 대한 경위도좌표에 대해 UTM 투영변환을 실시하였으며, 표 2와 같은 결과를 얻었다.

구 소련 지도를 Krazovsky 타원체 상에서 경위도 좌표를 평면직각 좌표로 변환한 후 구 소련지도의 평면직각좌표의 읽음값과 계산값의 차이가 거의 나지 않음을 알 수 있었다. 따라서, 구 소련지도는 UTM 투영법이지만 축척계수 1을 사용한다는 것을 알 수 있었고, Bessel 타원체와 Krazovsky 타원체상의 1:50,000 도엽에서 동서방향의 거리와 남북방향의 거리값을 비교해 본 결과는

표 2. 계산값과 읽음값의 차이

위치	N(m)			E(m)		
	계산	읽음	차	계산	읽음	차
37° 10' 127° 45'	4115812	4115815	-3	388974	388989	-15
37° 00' 127° 45'	4097314	4097326	-12	388731	388738	-7
37° 10' 128° 00'	4115548	4115551	-3	411180	411182	-2
37° 00' 128° 00'	4097051	4097066	-15	410985	410993	-8

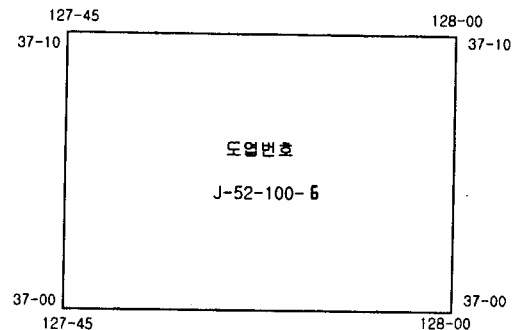


그림 5. 구 소련지도 도곽 좌표 (업징지역 : 1:50,000)

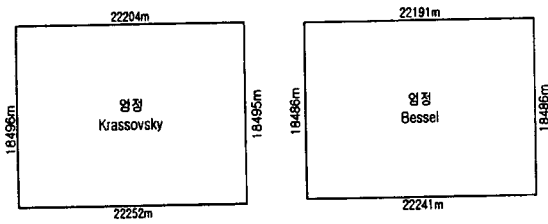


그림 6. 동일지역의 상이한 타원체간 거리 비교

그림 6과 같다.

Bessel과 Krassovsky 타원체를 각각 UTM 좌표변환 후 도곽 모서리 사이의 거리 비교를 한 결과 도곽 상단의 동서방향 거리의 차이는 13 m이며, 하단의 경우는 10 m가 발생하였다. 그리고, 남북방향 오른쪽 도곽의 차이는 9 m이며, 왼쪽의 경우 10 m가 발생하였다. 따라서, Bessel 타원체와 Krassovsky 타원체는 거리상에서 차이가 거의 없음을 알 수 있었다.

위의 결과를 토대로 각각의 방법으로 좌표변환에 따른 정확도 분석을 하였다.

6.1 WGS84 좌표로 변환한 경우 비교 분석

정확도에 대한 비교분석을 위해 기준점으로 선정된 결과를 우리나라에서 제작된 지형도를 기준으로 WGS84 좌표체계로 변환한 결과와 구 소련에서 제작된 지형도를 기준으로 WGS84 좌표체계로 좌표변환한 결과를 비교

표 3. WGS84 좌표체계로 변환된 좌표간의 비교결과(기준점)

NO	차이(국내지도-구 소련지도)		
	위도(초)	경도(초)	H(m)
C1	-0.0321009	0.0215678	-3.3
C3	-0.0183374	0.0356025	-3.9
C6	-0.0304348	0.0256125	-3.1
C9	-0.0204987	-0.0126587	-4.0
C13	-0.0362548	-0.0547854	-3.7
B2	-0.0245685	0.0410235	-3.3
B3	0.0215024	0.0236352	-3.3
B6	-0.0352548	0.0451245	-4.8
B9	0.0368585	-0.0235142	-1.1
B12	0.0245122	-0.0362545	-1.7
R1	0.0389568	-0.0112548	-1.7
R7	0.0095678	0.0326542	-1.6
R8	-0.0587585	0.0254854	-1.8
R9	-0.0214582	-0.0325254	-1.7
R10	-0.0114585	-0.0416524	-1.8

하여 나타낸 결과는 표 3과 같다. 표 3에서 나타난 좌표 차이값에 대해 평균표준편차를 계산한 결과는 표 4와 같다.

표 4와 같이 우리나라 지도와 구 소련 지도를 WGS84 좌표체계로 변환된 결과에 대한 각 좌표축간의 평균표준편차를 계산해 본 결과 양호한 결과를 얻었음을 알 수 있었으며, H에서 4.8 m는 1:50,000 지도에서 지도상에 읽을 때의 오차를 고려한다면 정확하다고 볼 수 있다.

6.2 TM 좌표로 변환후 비교 분석

기준점으로 선정된 좌표점에 대해 우리나라에서 제작된 지형도를 기준으로 TM 좌표로 변환한 결과와 구 소련에서 제작된 지형도를 기준으로 TM 좌표로 좌표변환한 결과의 차이값을 비교한 결과는 표 5와 같다.

표 5의 좌표 차이값에 대해 그림으로 표현하면 그림 7과 같고, 위도상에 -25.173 m부터 25.217 m까지, 경도상에 -26.127 m부터 22.354 m까지 정도의 차이가 발생하였음을 알 수 있었다. 또한, 이를 이용하여 표 5의 TM 좌표 차이값에 대한 평균표준편차를 계산한 결과 표 6에서 보는바와 같이 위도상에 21.719 m, 경도상에

표 4. WGS84 좌표값에 대한 평균표준편차(기준점)

내용	위도(초)	경도(초)	H(m)
평균표준편차	0.0215462	0.0154785	4.8

표 5. 국내지도와 구 소련 지도의 TM 좌표 비교 결과(기준점)

NO	차이(국내지도-구 소련지도)	
	TM 위도 (m)	TM 경도(m)
C1	-20.224	16.754
C3	-21.744	14.645
C6	-17.702	16.241
C9	-25.173	-22.124
C13	-19.158	-14.325
B2	-22.254	12.457
B3	15.514	21.265
B6	-20.194	22.354
B9	17.284	-19.245
B12	25.217	-24.257
R1	18.254	-16.854
R6	22.698	12.695
R7	10.587	9.784
R8	21.542	-12.985
R9	13.524	-26.127

표 6. TM 좌표값에 대한 평균표준편차(기준점)

내용	위도(m)	경도(m)
평균표준편차	21.719	22.3

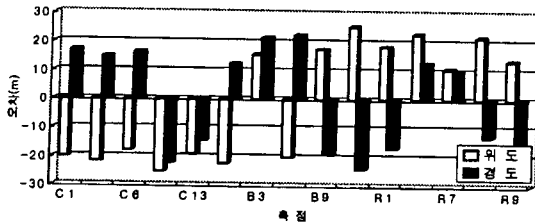


그림 7. 국내지도와 구 소련지도의 TM좌표 비교 결과

22.3m가 발생하였음을 알 수 있다. 표 6과 그림 7과 같이 TM으로 변환된 결과에 대한 각 좌표축간의 평균표준편차를 계산해 본 결과 축척 1:50,000을 고려해 볼 때 양호한 결과를 얻었음을 알 수 있었다.

6.3 검사점으로 WGS84좌표로 변환한 경우의 비교 분석

표 7에서 나타난 좌표 차이값에 대해 평균표준편차를 계산한 결과는 표 8와 같다.

6.4 검사점을 TM좌표로 변환후 비교분석

표 9의 좌표차이값에 대해 그림으로 표현하면 그림 8과 같고, 그림 8과 같이 위도상에 -30.951m부터 31.524

표 7. 검사점으로 WGS84 좌표계의 좌표값 비교 결과

NO	(국내지도-구 소련지도) 차이		
	위도(초)	경도(초)	H(m)
C15	-0.0252148	0.0215487	-3.0
C19	-0.0358587	0.0369547	-2.5
C21	-0.0412585	0.0125474	-3.2
C22	-0.0215845	-0.0361254	-5.7
C24	-0.0112521	0.0216548	-2.8
B17	-0.0368554	0.0215454	-4.8
B18	-0.0124535	0.0365854	-3.3
B21	-0.0356851	-0.0214142	-3.7
B25	-0.0215485	0.0362178	-1.1
B29	0.0325645	0.0396314	-1.6
R17	-0.0487524	0.0411784	-1.7
R18	-0.1397251	0.0113694	-1.7
R21	-0.0411958	0.0358961	-1.1
R25	0.0375486	-0.0458565	-6.7
R27	0.0213269	0.0363925	-0.9

표 8. WGS84 좌표값에 대한 평균표준편차(검사점)

내용	위도(초)	경도(초)	H(m)
평균표준편차	0.0295812	0.0215875	5.1

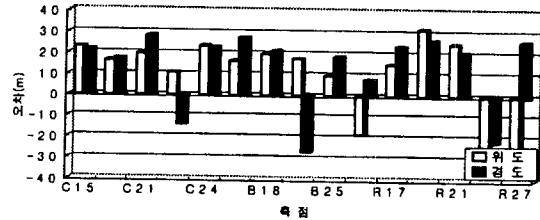


그림 8. 국내지도와 구 소련지도의 검사점 TM 좌표 비교 결과

m까지, 경도상에 -26.914 m부터 27.886 m까지 정도의 차이가 발생하였음을 알 수 있었다. 또한, 이를 이용하여 표 9의 TM 좌표 차이값에 대한 평균표준편차를 계산하여 본 결과 표 10에서 보는바와 같이 위도상에서 24.275 m, 경도상에 25.322 m가 발생하였음을 알 수 있다.

표 10과 그림 8에서 보는 바와 같이 WGS84좌표계로 변환된 결과에 대한 각 좌표축간의 평균표준편차를 계산

표 9. 검사점으로 국내지도와 구 소련지도의

NO	차이(국내지도-구 소련지도)	
	TM 위도 (m)	TM 경도(m)
C15	22.625	21.325
C19	16.124	17.257
C21	19.457	27.886
C22	10.546	-14.283
C24	23.241	22.614
B17	16.145	27.172
B18	19.632	20.785
B21	17.245	-26.914
B25	9.642	18.342
B29	-18.631	7.654
R17	14.721	23.471
R18	31.524	26.354
R21	24.542	20.274
R25	-27.142	-22.197
R27	-30.951	25.881

표 10. TM 좌표값에 대한 평균표준편차(검사점)

내용	위도(m)	경도(m)
평균표준편차	24.275	25.322

해 본 결과 축척 1:50,000을 고려해 볼때 양호한 결과를 얻었음을 알 수 있었다.

7. 결 론

상이한 좌표 체계에서 제작된 지도에 대해 국내에서 사용 가능하게 하기 위한 방법을 모색하기 위해 상호 지도에 대한 좌표 변환을 통해 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 본 연구에서 Molodensky 공식에 적용하여 최소 제곱법에 의해 두 타원체간의 원점 이동량을 산출한 결과 ΔX , ΔY , ΔZ 에 대해 각각 17.4211760580 m, -114.9455924000 m 및 0.0149673174 m를 얻을 수 있었다.

2. 원점 이동량 산출 방식을 이용한 타원체간 3차원 좌표변환 방법에 대한 가능성을 제시하였다.

3. 상이한 좌표 체계로 만들어진 지도에 대해 이용하고자 하는 국가의 좌표체계로 변환하기 위한 변환 매개 변수를 정확히 추출해 적용한다면 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김감래, “측량학”, 청문각, 1996, pp. 434-446.
2. 유복모, “측지학원론”, 박영사, 1995, pp. 96-115.
3. 권대원, “우리나라 측지계와 WGS84 좌표변환”, 성균관대학교 대학원 석사학위논문, 1995.
4. 10개 매개변수 변환모델을 이용한 WGS84 좌표계와 Bessel 타원체간의 좌표변환, 성균관대학교 대학원 석사학위 논문, 1997.
5. 최종현, “GPS에 의한 Bessel 지오이드고 산정에 관한 연구”, 충남대학교 대학원 석사학위 논문, 1995.
6. “지도도식규칙”, 대한측량협회, 1994, pp. 87-137.
7. National Imagery And Mapping Agency Technical Report.
8. Paul R. Wolf & Charles D. Ghilani, “Adjust Computations, 1996, pp. 335-356.
9. Map Projections A Reference Manual, “Taylor & Francis”, 1798, pp. 20-35.
10. Conversion of WARSAW PACT Grids to UTM Grids, 1981, pp.1.1-5.19.
11. Surveying Theory And Practice, Raymond E. Davis, Francis S. Foote, James M. Anderson And Edward M. Mikhail, pp. 573-609.