

Windows용 樹幹析解 프로그램(Stemwin1.0)의 開發¹

李俊學² · 李祐均^{2*} · 徐廷昊²

Development of Stem Analysis Program(Stemwin1.0) for Windows¹

Joon-Hak Lee², Woo-Kyun Lee^{2*} and Jeong-Ho Seo²

요 약

본 연구에서는 PC기반의 Windows운영체제에서 운용될 수 있는 수간석해 프로그램(Stemwin1.0)을 개발하였다. Stemwin1.0에서는 연륜측정기에서 1/100mm 단위로 측정된 1년 단위의 연륜폭 자료를 입력받아 흉고직경 및 단면적, 수고, 재적 등의 각종 성장량을 다양한 방법으로 계산할 수 있다. 즉, 수령별 평균 흉고직경 및 단면적은 산술 및 단면적 평균법을 적용해 계산할 수 있으며, 수고생장은 평행선법, 직선연장법, 수고곡선법 등에 의해 다양하게 추정할 수 있다. 재적은 Huber식, Smalian식, Spline식 등을 선택적으로 적용해 추정할 수 있다. 선택된 계산방법에 따라 상기 각 성장인자의 총, 평균 및 연년 성장량 뿐만 아니라 이용재적 및 수고, 형수, 성장률, 이용률 등의 성장 관련 정보가 1년 단위로 자동 계산된다. 또한, 1년 단위의 정밀한 간곡선도를 다양한 축척으로 출력할 수 있으며 간곡선식 유도를 위한 통계분석용 자료(단판 높이별 직경)도 제시된다. Stemwin1.0에서는 계산결과를 MS-Excel로 전환할 수 있도록 하여 사용자가 손쉽게 활용할 수 있도록 하였다.

ABSTRACT

This study was performed to develop stem analysis program(Stemwin1.0) which can be used in PC with MS-Windows operating system. Stemwin1.0 uses width of annual tree ring measured with 1/100mm unit, and calculate increments of several growth factors such as DBH, height and volume with various methods. Mean DBH can be calculated by arithmetic and quadratic mean methods. Height can be estimated by parallel line, line extending and height curve methods. Volume can be estimated by Huber, Smalian, and Spline functions. Not only Total growth, Mean Annual Increment(MAI) and Current Annual Increment(CAI) of growth factors, but also merchantable volume and height, form factor, growth rate, and merchantable volume rate are automatically calculated. Stemwin1.0 can also output accurate stem taper curve with various scale, and prepare stem taper data(diameter at different disk heights) for statistical analysis for deriving stem taper model. Stemwin1.0 can export output data and graph to Excel for more compatible use of it.

Keyword : stem analysis, DBH, height, volume, stem taper curve

¹ 接受 2001年 3月 16日 Received on March 16, 2001.

審査完了 2001年 4月 10日 Accepted on April 10, 2001.

² 고려대학교 산림자원환경학과 Department of Forest Resources and Environmental Science, Korea University, Seoul 136-701, Korea.

* 연락저자 E-mail : leewk@korea.ac.kr

서 론

수간석해는 단목의 성장과정에 관한 정보를 신속하고, 정확하게 파악하는 물론 미래의 성장을 추정하는데 널리 이용되어온 방법이다(김갑덕, 1986). 수간석해에는 대상목 벌채, 단판채취, 단판의 연륜폭 측정, 각종 성장량계산 등이 수반되는데, 단판의 연륜측정 및 각종 성장량계산에는 많은 시간과 번거로움이 뒤따른다. 따라서 수간석해를 위해서는 일반적으로 연륜측정시스템 그리고 이와 연계되어 각종 성장량을 자동으로 계산하는 분석시스템이 개발되어 사용되고 있다(Guay, 1990; Herman et al., 1975; Nagel & Athari, 1982; Kawabata & Toshiaki, 1987; REGENT INSTRUMENTS Inc., 1996). 국내에서도 1/100mm의 정확도로 측정된 연륜폭 자료가 컴퓨터에 자동 입력되고, 수간석해를 자동으로 수행하는 시스템이 제작되어 사용되고 있다(변우혁 등, 1990). 그러나, 이 시스템은 DOS용 프로그램으로 제작되어 Windows 운영체제가 일반화되어 있는 요즘은 사용상 많은 불편함이 있다. 현재 국내에는 Windows용 수간석해 프로그램으로 나무재기(서울대학교 산림경영학연구소, 1997)가 있는데, 이는 육안에 의해 5년간격으로 측정된 자료를 수동으로 입력하여 활용하고 있다. 또한, 이 프로그램에서는 흉고직경은 산술평균으로, 수고는 수고곡선법에 의해 재적은 Huber식에 의해 추정하고 있어 계산방식의 융통성을 부여하지 못하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 연륜측정기로부터 1/100mm 단위로 자동 측정된 1년 단위의 연륜자료(변우혁 등, 1990)를 입력받아 다양한 방법에 의해 각종 성장량을 자동 추정하는 Windows용 수간석해 프로그램을 개발하였다.

재료 및 방법

1. 하드웨어 및 소프트웨어

수간석해 프로그램(이하 Stemwin1.0)은 Microsoft사의 Windows를 기반으로 하는 PC에서 Microsoft-Visual Basic6.0(MSDN, 1999; 이이표와 김병세, 1999; 주경민 등, 1998)을 사용하여 제작하였고, Spline함수 계산관련 부분은 Fortran으로 작성된 모듈을 사용하였다(변우혁 등, 1990). Stemwin1.0에서는 생성된 데이터와 그래프를 Microsoft-Excel로 전환할 수 있도록 하였는데, 이때에는 PC

에 설치되어 있는 Excel프로그램을 호출하도록 하였다.

2. 방법

1) 자료변환

Stemwin1.0은 연륜측정기에서 1/100mm 단위로 측정된 자료(이우균, 1989; 변우혁 등, 1990)를 사용하는 것을 전제로 하였다. 연륜측정 프로그램에서 작성된 파일(*.mea)에는 단판높이와 수고, 각 단판의 연륜폭만이 기록되어 있기 때문에 Stemwin1.0에서는 벌채목에 대한 정보를 추가하여 자료를 변환(*.dat 형식)한 후 분석에 활용하도록 하였다.

2) 성장량 추정방법

Stemwin1.0에서는 단판 측정자료를 이용하여 각종 성장인자를 계산하는 분석기능을 제공하도록 하였다. 단판의 연륜 측정자료로부터 임령별 흉고직경 및 단면적, 수고, 재적 등의 각종 성장량을 아래 다양한 방법에 의해 계산 또는 추정하여 그 결과를 표와 그래프 형태로 보여주도록 하였다. 또한, 다른 프로그램과의 호환성을 고려하여 계산결과를 MS-Excel자료로 쉽게 변환할 수 있도록 하였다.

(1) 흉고직경 및 단면적 생장

수령별 흉고직경은 흉고부위(1.2m) 단판의 측정자료를 이용하여 계산되도록 하였다. 일반적으로 임목의 단판은 원형이 아니므로 측정시 4방향으로 측정된 값을 이용하여 평균 연륜 폭을 계산한다(변우혁 등, 1990; 송철철 등, 2000). 4방향 연륜 측정치에 대하여 평균을 구하는 방법으로는 산술평균, 기하평균, 단면적 평균이 있는데(김갑덕, 1986), 본 프로그램에서는 산술평균과 단면적 평균에 의해 흉고직경이 계산되도록 하였다.

(2) 수고 생장

수간석해에 있어서 수령별 수고는 각 단판의 연륜폭 측정자료와 단판 높이를 이용하여 추정한다. 일반적으로 수간석해의 수고는 수간석해도를 통해 추정되며, 그 방법에는 직선연장법, 평행선법, 수고곡선법 등이 있다(김갑덕, 1986). 직선연장법은 어떤 수령의 최후 단판의 반경값과 그 바로 아래 단판의 반경값을 연결한 직선을 연장하여 수간측

과 만나는 점을 수고로 하는 방법이며, 평행선법은 해당 수령의 바깥쪽 간곡선과 평행하게 선을 연장하여 수간축과 만나는 점을 수고로 하는 방법이다. 또한, 수고곡선법은 각 단판의 도달연령을 x축, 각 단판높이를 y축으로 하는 그래프로 부터 해당 수령의 수고를 추정하는 방법이다(김갑덕, 1986). Stemwin1.0에서는 위의 세가지 방법으로 수고를 추정할 수 있도록 하였다.

(3) 재적 생장

Stemwin1.0에서는 Huber식을 이용한 재적, Smalian식을 이용한 재적, Spline함수를 이용한 재적(변우혁 등, 1990; 이우균, 1994)이 계산될 수 있도록 하였다. 단, 1.2m 이후의 단판 채취간격이 2m가 아닐 경우에는 Huber식은 Smalian식으로 대체되어 계산되도록 하였다. Huber식과 Smalian식은 수간을 일정한 길이로 구분하여 재적을 계산하는 방법으로 Huber식은 각 부분의 중앙단면적 값을 이용하여 재적을 계산하고, Smalian식은 양 단면의 평균 단면적을 이용하여 재적을 계산한다(김갑덕, 1986). 본 프로그램에서는 이외에도 Spline함수(변우혁 등, 1990; 이우균 1994)를 이용하여 보다 정확한 재적을 계산하도록 하였다. 또한, 입력받은 이용가능 말구직경 값을 통해 Spline함수를 사용하여 이용재적 및 재장을 계산하도록 하였다.

3) 간곡선

(1) 수간석해도 작성

각 단판의 높이와 연륜폭 반경을 이용하면 수간의 생장을 한눈에 파악할 수 있는 수간석해도를 작성할 수 있다. Stemwin1.0에서는 Spline함수로부터 추정된 간곡선으로 수간석해도를 작성할 수 있도록 하였다. 결과출력시 반경 및 수고의 축척과 Spline곡선을 계산하는 평활도(smoothing factor)를 조정할 수 있도록 하였다(이우균, 1989, 1994; 변우혁 등, 1990).

(2) 간곡선 분석용 자료 생성

수간석해를 통해 연륜별로 입력, 흉고직경, 수고, 단판고, 단판직경을 이용하여 간곡선식 유도를 위한 다양한 통계분석이 가능하다(이우균 1994; 이경학 등, 1999). 그를 위해서 Stemwin1.0에서는 각 연륜에 해당하는 수령, 흉고직경, 수고, 단판높이, 단판직경을 text파일 형태로 저장할 수

있도록 하여 일반 통계 프로그램에서 사용하기 편리하도록 하였다.

결과 및 고찰

1. 운영체제 및 PC사양

Stemwin1.0은 windows98/NT/ME/2000 등의 운영체제에서 사용할 수 있으며 Windows98 이상의 운영체제가 작동 가능한 하드웨어 사양을 갖춘 PC에서 사용할 수 있다. 계산결과를 Microsoft사의 Excel자료형태로 변환하고자 할 때는 내부적으로 Excel을 호출하므로 반드시 Excel이 설치되어 있어야 한다.

2. 프로그램 구성

Stemwin1.0은 크게 [File], [Analysis], [Taper]의 3개의 메뉴로 구성되어 있는데, 초기에는 [File]만 활성화 되어 있고, 분석용 파일을 open하면 나머지 주 메뉴가 활성화된다. 메뉴를 선택하면 각 메뉴에 해당하는 부메뉴가 제시된다.

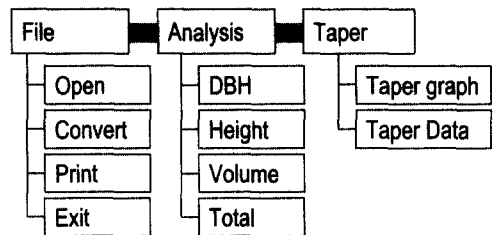


Figure 1. Menu structure of stem analysis system. (Stemwin1.0)

1) File

File메뉴에는 [Open], [Convert], [Print], [Exit]의 부메뉴가 있다.

(1) Open

[File]메뉴에서는 *.dat파일을 open할 수 있도록 하였으며, open 대화창은 일반 Windows용 대화상자 형식으로 되어 있어 사용자가 손쉽게 자료를 불러올 수 있다. 분석용 파일을 open하면 Figure 2와 같은 초기화면이 제시된다. 상단좌측에는 수종, 벌채지, 벌채일, 코드번호, 단판수, 최대연륜수, 수고, 벌채지의 위도 및 방위가 제시되는 창이 있고 상단 우측에는 단판높이, 연륜수,

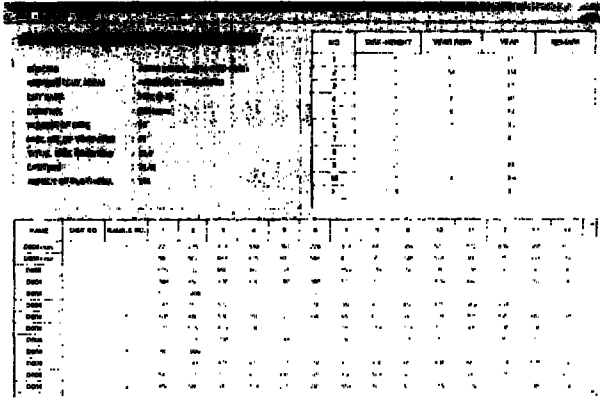


Figure 2. Display window for data information.

단판높이도달연령 등의 단판에 대한 정보가 표시된다. 화면하단에는 측정연륜폭이 단판별, 측정방향별로 제시된다.

(2) Convert

Convert메뉴는 수간석해용 변환 메뉴인 [Stem Analysis]와 목편용 변환 메뉴인[Core Anlysis]가 있으며, [Stem Analysis]를 선택하면 조사일, 수종, 벌채지 위치, 경도, 표고, 경사, 방위, 0.2m 부위의 연령, 수피 포함 여부 등의 단판에 대한 정보를 입력할 수 있다(Figure 3). 수종의 경우는 combo box를 이용하여 손쉽게 입력되도록 하였는데, 추가 수종이 있을 경우 프로그램 폴더에 있는 "수종목록.txt"파일을 수정하여 추가할 수 있다.

(3) Print

[Print]부메뉴를 선택하면 Figure 2의 단판에 대한 일반정보를 출력할 수 있다.

(4) Exit

프로그램 종료시 사용하는 메뉴로 [Exit]를 선택하면 프로그램이 종료된다. 이때 프로그램 내부에서 Excel이 실행되었을 경우 함께 종료된다.

2) Analysis

[Analysis]메뉴에는 [DBH], [Height], [Volume], [Total]의 부메뉴가 있다.

(1) DBH

[Analysis]메뉴의 [DBH]부메뉴를 선택하면 산

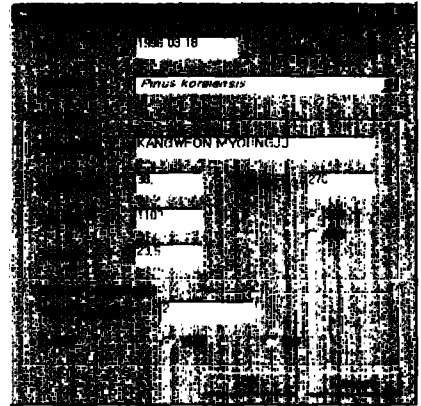


Figure 3. Window for converting data.

술평균과 단면적 평균을 이용하여 수령별 DBH를 계산하고 이를 화면에 나타낸다. 좌측에는 표 형태로 계산 결과를 보여주고 오른쪽에는 그래프 형태로 결과를 출력한다(Figure 4).

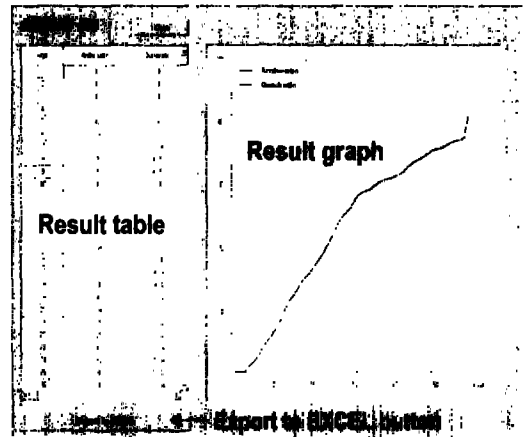


Figure 4. Display window for DBH growth.

(2) Height

수고는 단판높이와 각 연륜의 반경값을 이용하여 추정되기 때문에 각 연륜의 반경 계산방법에 따라서 차이가 발생할 수 있다. Stemwin1.0에서는 사용자가 산술평균 버튼인 [Arithmetic mean]과 단면적 평균 버튼인 [Quadratic mean] 중 원하는 방법을 선택할 수 있도록 option창이 나타난다. 직경계산방식을 선택하면 지정한 방법에 의해 계산된 각 연륜의 직경과 단판높이로부터 직선 연장법, 평행선법, 수고곡선법 등에 의해 수고를 수령별로 추정하고 화면에 표시한다(Figure 5).

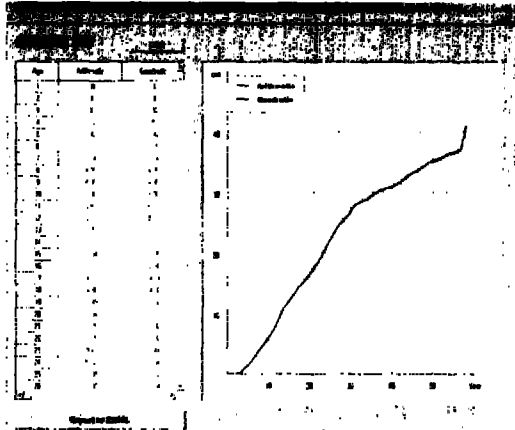


Figure 5. Display window for height growth.

(3) Volume

재적도 직경 계산방법과 수고 추정방법에 따라 차이가 있을 수 있다. 따라서, [Volume]부메뉴를 누르면 직경계산방식 및 수고추정방식을 선택할 수 있으며(Figure 6a), 선택된 option에 따라 재적이 계산된다(Figure 6b). 이용재적의 경우 최소 이용가능 직경(Merchantable diameter)을 입력해야 한다. Figure 6b는 다양한 방법에 의해 추정된 재적생장 및 그의 그래프를 보여준다.

(4) Total

[Total]부메뉴는 측정된 자료를 이용하여 생장

에 관련된 다양한 계산결과를 보여주는 것으로 DBH, Height, Volume의 계산결과를 통해 가장 적절하다고 생각되는 계산방법을 선택할 수 있다. 선택된 방법에 의해 DBH, 수고, 흉고단면적, 재적 등의 총생장량, 연년 및 평균생장량, pressler 식에 의한 재적 성장율, 형수, 이용재적, 이용재적형수, 이용수고등이 수령별로 출력된다. 이 결과를 Excel파일로 손쉽게 전환 할 수 있는데, 좌측 하단의 [Export to Excel] 버튼을 누르면 계산 결과 및 그의 그래프가 Excel파일 형태로 바로 전환된 Excel 창이 제시된다(Figure 7).

3) Taper

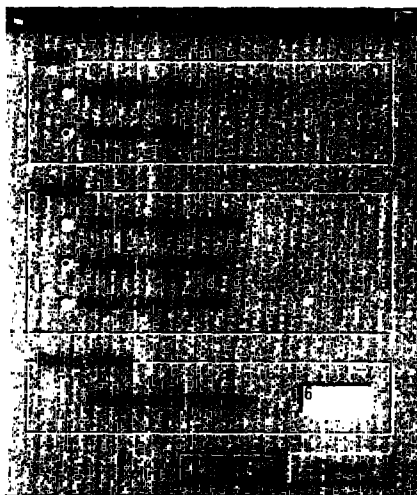
[Taper] 주메뉴에는 [Taper graph]와 [Taper data]의 부메뉴가 있다.

(1) 수간석해도 작성(Stem taper graph)

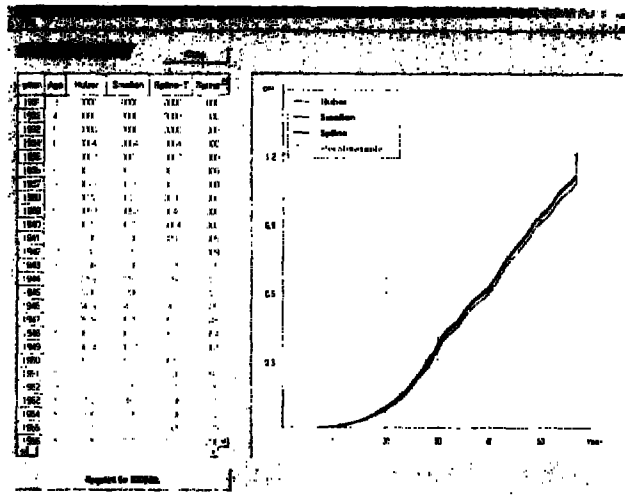
측정된 연륜폭과 각 단판의 높이를 이용하면 수간석해도를 작성할 수 있으며, Stemwin1.0에서는 Spline함수를 이용하여 수간석해도를 출력할 수 있다(Figure 8b). 출력시 수간석해도의 가로와 세로의 비율을 조정가능하며, 평활도(smoothing factor) 역시 option창을 통해서 조정이 가능하다(Figure 8a).

(2) 통계분석용 자료 생성(Stem taper data)

메뉴바에서 [Taper data]를 선택하면 각 단판별



(a)



(b)

Figure 6. Windows for selecting calculation method(a) and volume growth(b).

정된 연륜 자료로부터 각종 성장량을 다양한 방법으로 계산 및 추정할 수 있어 수간석해의 분석력을 제고시켰다. 즉, Stenwin1.0은 1년 단위로 측정된 자료를 변환하여 분석용 자료형태로 만들고, 다양한 방법에 의해 DBH, 수고, 흉고단면적, 재적 등의 총성장량, 연년 및 평균성장량, 재적 성장율, 형수, 이용재적, 이용재적형수, 이용수고 등을 수령별로 계산할 수 있다. 또한, 1년 단위의 정밀한 간곡선도를 다양한 축척으로 출력할 수 있으며, 간곡선식 유도를 위한 통계분석용 자료도 마련할 수 있다. 이러한 계산결과가 표와 그래프로 제시될 뿐만 아니라 Excel로 전환 가능하도록 하여 사용자의 편의성을 제고시켰다.

참 고 문 헌

1. 김갑덕. 1986. 산림측정학, 향문사
2. 변우혁·이우균·윤광배. 1990. 수간석해 전산프로그램 개발 및 성장량 계산방법의 비교에 관한 연구. 한국임학회지 79(1) : 1-15
3. 서울대학교 산림경영연구실. 1997. 나무재기. <http://forest.snu.ac.kr/data.html>.
4. 이경학·손영모·정영교·이우균. 2000. 강원도지방 소나무의 개체목 수간곡선 및 재적추정 시스템. 산림과학논문집 62 : 155-166
5. 이우균. 1989. 수간석해도와 성장량 계산을 위한 전산프로그램 개발에 관한 연구. 고려대학교, 석사학위논문.
6. 이우균. 1994. Spline 함수와 선형방정식을 이

용한 수간 및 임분간곡선모델

7. 이이표·김병세. 1999. Visual basic bible 6.0, 삼양출판사
8. 주경민·박성완·김민호. 1998. Visual Basic Programming Bible ver 6.x. 영진출판사
9. Guay, R., R. Gagnon and H. Morin. 1990. A new automatic and interactive tree-ring measurement system based on a line scan camera, Tree rings and Environment, Proceedings of the International Dendrochronological Symposium (LUNDQUA Report 34), Ystad, SWEDEN, 3-9 Sept.
10. Herman, F.R. et al. 1975. Field and Computer techniques for stem analysis of coniferous forest trees. USDA Forest Services Research Paper PNW-194 : 5pp
11. Kawabata, K. and Toshiaki. 1987. Report on computer programming(7)-stem analysis-Bull. Gov. for. Exp Sta. No 297 : 61, 85pp
12. MSDN. 1999. Visual Studio 온라인 설명서. Microsoft Corporation
13. Nagel, J. and S. Athari. 1982. Stammanalyse und ihr Durchführung. Allgemeine Forst und Jagdzeitung 153(9/10) : 179-182
14. REGENT INSTRUMENTS Inc. 1996. Win-DENDRO for tree-ring, stem, wood density analysis & measure. <http://www.regent.qc.ca/products/dendro/DENDRO.html>